

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Российская академия естественных наук

*Посвящается 20-летию
Российской академии
естественных наук*

**ВЕСТНИК
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Отделение металлургии

*Сборник научных трудов
Издается с 1994 г. ежегодно*

Выпуск 26

Москва
Новокузнецк

2010

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

В 387

В 387 Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 26 / Редкол.: Л.П. Мышляев (главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2010. – 216 с., ил.

Издание сборника статей, подготовленных авторскими коллективами, возглавляемыми действительными и почетными членами и членами-корреспондентами РАЕН, других профессиональных академий, профессорами вузов России. Представлены работы по различным направлениям исследований в области металлургии черных и цветных металлов и сплавов, порошковой металлургии и композиционных материалов, физики металлов и металловедения, экономики и управления на предприятиях, проблем высшего образования.

Сборник реферируется в РЖ Металлургия.

Электронная версия сборника представлена на сайте

<http://www.sibsiu.ru> в разделе «Издательская деятельность»

Ил. 26, табл. 38, библиогр. назв. 214.

Редакционная коллегия: д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, вице-президент РАЕН В.Ж. Аренс; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН Л.П. Мышляев (главн. редактор), СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН Г.В. Галевский (зам. главн. редактора), СибГИУ; д.т.н., проф., чл.-корр. РАЕН М.В. Темлянец (зам. главн. редактора), СибГИУ; д.т.н., проф. И.В. Буторина, СПбГПУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, академик РАН А.В. Елютин, МИСиС; к.х.н., проф., д.ч. МАНЭБ Н.М. Кулагин, СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН В.А. Роменеу, МИСиС; к.х.н., проф., советник РАЕН В.В. Руднева (отв. секретарь), СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. АИН Н.А. Спирин, УГТУ-УПИ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН В.С. Стрижко, МИСиС; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН Г.И. Эскин, ВИЛС.

Рецензент: профессор, доктор технических наук, д.ч. МАН ВШ С.М. Кулаков

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2010

СВЕДЕНИЯ О РУКОВОДИТЕЛЯХ АВТОРСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

Быстров В.А.	д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАЕН, НФИ КемГУ, г. Новокузнецк
Бородулин А.В.	д-р техн. наук, в.н.с., Институт черной металлургии Национальной Академии наук Украины, г. Днепропетровск
Воскресенская Т.П.	д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Галевский Г.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Горбунов А.Д.	д-р техн. наук, проф., ДГТУ, г. Днепродзержинск
Горюшкин В.Ф.	д-р хим. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Громов В.Е.	д-р физ.-мат. наук, проф., д.ч. Международной академии энерго-информационных наук, СибГИУ, г. Новокузнецк
Минцис М.Я.	канд. техн. наук, проф., д.ч. МАНЭБ, СибГИУ, г. Новокузнецк
Селянин И.Ф.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Спирин Н.А.	д-р техн. наук, проф., д.ч. АИН, УГТУ-УПИ, г. Екатеринбург
Темлянцев М.В.	д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	
МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ... <i>В.Ф. Горюшкин, А.И. Пошевнева, Ю.В. Горюшкина, С.А. Лежава</i>	
Синтез и термические константы плавления иодида диспрозия (III).....	9
<i>А.П. Коробейников, А.Н. Филин</i>	
Энтропия и теплоёмкость моноарсенидов трёхвалентных металлов.....	15
<i>Н.А. Спирин, Л.Ю. Гилева, В.Ю. Рыболовлев, И.Е. Косаченко, О.П. Онорин</i>	
Решение технологических задач доменной плавки методом математического моделирования.....	19
<i>А.А. Горлов, А.П. Коробейников, А.Н. Филин</i>	
Перспективы производства марганца и сплавов в России.....	28
<i>В.А. Дорошенко, Н.К. Дорошенко</i>	
О переработке фосфористых чугунов в кислородных конвертерах.....	33
<i>А.А. Уманский, Н.А. Чернышева</i>	
Анализ и разработка методов исследования теплового состояния слитков в процессе кристаллизации.....	38
<i>В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.А. Цецорина, Е.С. Архипова, А.В. Слободчиков</i>	
Применение среды программирования Delphi для исследования процесса кристаллизации сплавов.....	46
<i>В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.А. Цецорина, Е.С. Архипова, А.В. Слободчиков</i>	
Оценка эффективности различных внешних воздействий на литейные сплавы в жидком состоянии.....	50
<i>Н.И. Таран, В.Я. Климов, В.П. Антонов, Н.И. Швидков</i>	
Расчёт конусности отливок, обеспечивающей минимальную глубину залегания усадочной раковины.....	54
<i>М.Я. Минцис, Г.В. Галевский</i>	
Расчет массы электролита алюминиевого электролизера.....	58
<i>А.Д. Горбунов, М.В. Темлянец</i>	
Методика аналитического расчета ограничений на технологические параметры при форсированных нагревах стальных тел.....	63
<i>С.Н. Старовацкая, П.А. Маслов</i>	
Использование фрактального анализа для исследования связи структуры и механических свойств изделий из стали перлитного класса.....	69
<i>М.В. Темлянец, Т.Н. Осколкова, А.С. Симачев, М.В. Чубейко</i>	
Исследование микроструктуры и изломов перегретой рельсовой стали...	76
<i>О.В. Шорохова, Т.Н. Осколкова</i>	
Изучение охлаждающей способности водополимерной среды «Термовит-М» при закалке.....	81

<i>Ю.Д. Жмакин, Д.В. Загуляев, С.В. Коновалов, В.А. Кузнецов, В.Е. Громов</i>	
Генератор мощных токовых импульсов с регулируемыми параметрами..	86
ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	91
<i>В.В. Руднева, Г.В. Галевский</i>	
Развитие научных основ и совершенствование технологии плазмометал- лургического производства нанопорошков карбида кремния.....	92
<i>Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Особенности формирования наночастиц тугоплавких боридов в процес- сах плазменного восстановительного синтеза.....	103
<i>Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Особенности процессов боридообразования в условиях плазменного потока.....	111
<i>В.А. Быстров, А.Г. Уманец, Р.С. Ермолаев</i>	
Эффективность повышения экскавации ковшей экскаваторов путем упрочнения зубьев композиционными сплавами.....	117
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ...	124
<i>Д.А. Некрасов, В.А. Быстров</i>	
Оптимизация численного состава персонала в результате автоматиза- ции технологических процессов металлургического производства.....	125
<i>Т.П. Воскресенская, О.Д. Покровская</i>	
Концепция создания терминальной сети региона.....	133
<i>Т.П. Воскресенская, О.Д. Покровская</i>	
Параметрическое описание терминальной сети как основы единого транспортно-экспедиционного пространства региона.....	138
<i>А.Н. Поздняков, С.А. Лежава, Т.В. Киселева</i>	
Новые подходы к управлению охраной труда и промышленной безо- пасностью на предприятии энергетического комплекса.....	144
<i>С.А. Лежава</i>	
Эколого-экономические проблемы развитых промышленных центров...	151
<i>А.П. Коробейников, А.Н. Филин, А.В. Тутынин</i>	
Перспективы утилизации отходов железных руд.....	155
ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	159
<i>Т.А. Михайличенко, О.Б. Громова</i>	
Компетентностный подход в организации самостоятельной работы студентов в вузе.....	160
<i>Т.А. Михайличенко, О.Я. Логунова, А.Е. Корочкин</i>	
Курсовое проектирование в техническом вузе.....	165
<i>С.А. Лежава, В.П. Дмитрин, Ф.Н. Никифоров, С.С. Цуцкиридзе</i>	
Еще раз об актуальности связи теории с практикой при обучении в тех- ническом вузе.....	170

<i>Е.Г. Оршанская</i>	
Педагогическое моделирование в высшем профессиональном образовании.....	177
<i>Г.Н. Черновский</i>	
Концептуальные основы дифференцированного физкультурно-валеологического образования и патриотического воспитания студентов вуза.....	186
БИОГРАФИИ.....	192
<i>А.В. Бородулин, А.В. Лычев, А.Л. Чайка, Е.Ф. Шкурко</i>	
Инженер В.И. Гулыга и развитие отечественной техники и технологии доменного производства.....	193

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий выпуск вестника посвящен 20-ти летнему юбилею Российской Академии естественных наук, которая создана учредительным съездом 31 августа 1990 г. по инициативе ученых России, представлявших академическую, вузовскую и отраслевую науку. Несмотря на столь небольшой возраст РАЕН успела в значительной степени реализовать свою главную цель: *«Свободное творческое объединение научных сил России для развития и преумножения ее интеллектуального потенциала, содействующего активному использованию науки на благо отечества»*.

Сегодня отделения РАЕН открыты в более чем 60 городах России, а количество ее членов достигает 4000 человек, среди которых лауреаты Нобелевской, Ленинской и Государственных премий, члены Российской Академии наук, заслуженные деятели науки и техники Российской Федерации, авторы научных открытий. В настоящее время Академия включает в себя 24 центральные секции, в рамках которых горно-металлургическая занимает одно из ведущих положений, более 100 региональных и тематических отделений, научных центров.

26-й юбилейный выпуск вестника горно-металлургической секции РАЕН, отделения металлургии содержит сведения о последних научных достижениях ученых России и Украины, занимающихся вопросами черной и цветной металлургии, материаловедения, экологии, экономики и управления. В нем представлены результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований авторских коллективов ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Днепродзержинского государственного технического университета, ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецкого филиала-института ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», Института черной металлургии Национальной Академии наук Украины, ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат». Прикладной характер многих исследований направлен на совершенствование технологий производства и обработки металлов в металлургии и машиностроении, повышение качества и конкурентоспособности отечественной металлопродукции.

Редакционная коллегия поздравляет членов РАЕН с 20-летним юбилеем академии, желает всех благ и дальнейших творческих успехов!

**МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

УДК 546.664'151(546.05+548.226)

В.Ф. Горюшкин, А.И. Пошевнева,
Ю.В. Горюшкина, С.А. Лежава

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

СИНТЕЗ И ТЕРМИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ИОДИДА ДИСПРОЗИЯ (III)

Взаимодействием металлического диспрозия с парами иода синтезированы образцы DyI_3 . Проведена их идентификация методами химического и рентгенофазового анализов. Методом ДТА в количественном варианте для DyI_3 определены температура и энтальпия плавления: $T_m = 1249,4 \pm 1,7 K$ ($P = 0,95$; $f = 33$); $\Delta_m H^\circ(DyI_3) = 15,0 \pm 0,9$ кДж/моль ($P = 0,95$; $f = 33$), а затем рассчитана энтропия плавления: $\Delta_m S^\circ(DyI_3) = 12,0 \pm 2,5$ Дж/(мольК).

DyI_3 samples were prepared by iodination of metal dysprosium with iodine vapor and identified by chemical analyses and X-ray powder diffraction. The melting point ($T_m = 1249,4 \pm 1,7 K$) and the enthalpy of melting ($\Delta_m H^\circ(DyI_3) = 15,0 \pm 0,9$ kJ/mol) were determined. The entropy of melting $\Delta_m S^\circ(DyI_3)$ was calculated to be $12,0 \pm 2,5$ J/(mol K).

Литературные данные по температуре плавления DyI_3 различаются между собой максимально на 28 К: 1256 [1], 1251 [2], 1250 [3], 1228 ± 5 [4]. Авторы [1, 3] отмечают полиморфное превращение у иодида диспрозия при температуре 1101 К [1] и 1246К [3]. Следует обратить внимание на то, что по данным [3], интервал между температурами полиморфного превращения и плавления составляет всего 4 К.

Для энтальпии плавления DyI_3 имеется только оценочное значение, равное 42 кДж/моль [5].

Экспериментальная часть

Синтез. Для получения DyI_3 использовали технологию иодирования металла парами иода в двухсекционном кварцевом реакторе [6]. Опилки диспрозия, в количестве 5 – 8г, приготавливали из слитка металла марки «ДиМ - 1» (чистота по заводскому сертифи-

кату 99,83 %) в сухом боксе, в атмосфере Ar и помещали в левую секцию реактора, в молибденовый тигель. Реактор вместе с тиглем предварительно дегазировали в вакууме при 1200 К. В правую секцию реактора засыпали ~ 30г иода «Ос.ч. 20-3», после чего реактор вакуумировали при остаточном давлении $5 \cdot 10^{-1}$ Па.

Секцию реактора с металлом нагревали в течение 6 ч до 1150 К, затем выдерживали 12 ч при этой температуре и ещё нагревали до 1400 К в течение 6 ч. Секцию с иодом выдерживали в течение всего синтеза при постоянной температуре, равной 480 К. После отключения печей, реактор охлаждали, но при этом секцию с иодом погружали в жидкий азот для максимальной экстракции иода из кристаллизующейся и остывающей соли. Охлаждённый реактор переносили в сухой бокс, направленно разбивали его, соль извлекали из тигля, измельчали и для проведения операции дальнейшей очистки помещали в односекционную кварцевую ампулу.

Поскольку элемент Dy может образовывать фазы DyI_n ($2 \leq n \leq 3$) [1, 7], то возгонку DyI_3 с целью очистки проводили не при непрерывной откачке газов и паров из кварцевой ампулы с расплавом соли (как, например, при очистке $ErBr_3$ [8]), а выдерживали расплав в вакуумированной кварцевой ампуле при температуре 1350 – 1400 К в течение 6 ч. В вакуумированной кварцевой ампуле при нагревании создаётся атмосфера иода, поскольку он не полностью выделяется из вещества при остывании двухсекционного реактора; присутствие в ампуле иода способствует сохранению стехиометрии DyI_3 при возгонке. Можно отметить, что эффективность возгонки (по количеству получаемой очищенной соли) в вакуумированной ампуле в несколько раз меньше, чем при непрерывной работе вакуумного насоса.

Охлаждённый вакуумированный кварцевый реактор с возгоном DyI_3 переносили в сухой бокс. Извлекаемое из реактора вещество сразу же использовали для приготовления образцов для исследования и никогда не хранили. Всего проводили шесть параллельных синтезов (вещество синтеза – партия DyI_3). Возогнанная соль в измельчённом состоянии имела жёлто-зелёную (фисташковую) окраску, напоминающую окраску $EuCl_3$, но более бледную.

Химический анализ. Проанализировали пробу в количестве 0,93040г (на 0,5л H_2O) от пятой из шести полученных партий ве-

щества DyI₃. Раствор образовался прозрачный и неокрашенный. Диспрозий определяли комплексонометрически с трилоном Б, содержание иода - гравиметрией, осаждением его в виде иодида серебра.

В полученном веществе :

	Dy	I
Найдено, %:	29,97±0,12	70,14±0,05
Для DyI ₃ , вычислено, %:	29,91	70,09
Суммарное содержание элементов:	100.11±0,13% (P = 0,95; f = 4)	
Отношение количеств компонентов:	v(I)/ v(Dy) = 2,997±0,015.	

*Рентгенофазовый анализ**. Проводили съёмку порошков иодида диспрозия от всех шести синтезированных партий. Расчёты, обработку дифрактограмм и индицирование проводили аналогично [9]. Правильность юстировки камеры проверяли на эталонном образце – монокристаллическом кремнии, растёртом в порошок. Индицирование с целью уточнения параметров решётки проводили по набору межплоскостных расстояний для самой качественной дифрактограммы – образца от пятой партии. О правильности проведенного индицирования судили по соответствию между рассчитанными и найденными $1/d^2$ для индицированных линий.

По нашим данным, структура DyI₃ является слоистой, сингония гексагональная, структурный тип ViI₃. Параметры кристаллической решётки: $a = 13,005 \pm 0,003 \text{ \AA}$, $c = 20,90 \pm 0,01 \text{ \AA}$; координационное число $Z = 18$; рентгеновская плотность $D_x = 5,302 \pm 0,003 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

ДТА. ДТА – кривые образцов иодида диспрозия записывали на дериватографе системы Паулик, Паулик, Эрдей со скоростью нагревания и охлаждения 10 К/мин при чувствительности ДТА 1/5. На спаи термопар устанавливали цилиндрические вакуумированные кварцевые сосуды (ампулы), объёмом 1,2 – 1,4 см³, с веществом DyI₃ (образец) и Al₂O₃ (эталон). В образцах использовали вещество от третьей, пятой и шестой партий. Для минимизации термического разложения DyI₃ в сосуды с образцами перед вакуумированием добавляли небольшое количество (15-20 мг) кристалли-

* Рентгенофазовый анализ образцов проводила И.С. Астахова

ческого иода. Методика расшифровки кривых ДТА в количественном варианте, расчёта температур и энтальпий превращений, способ калибровки прибора и градуировки термопары описаны в [8, 10].

На лучших ДТА – кривых DyI_3 (рисунок) наблюдали только по одному эффекту при нагревании и охлаждении. Они связаны с плавлением и кристаллизацией вещества.

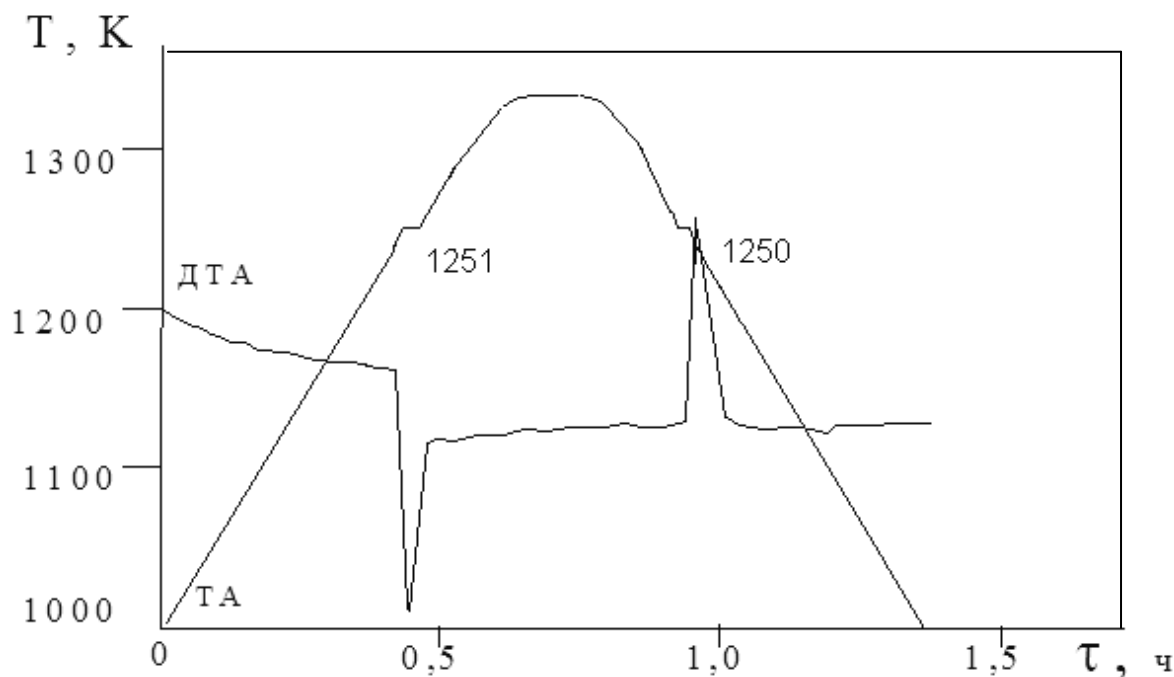


Рисунок – ДТА кривая образца DyI_3

Результаты измерения температур и энтальпий плавления образцов DyI_3 приведены в таблице.

Из данных таблицы следует, что DyI_3 не склонен к переохлаждению и результаты, полученные при нагревании и охлаждении образцов, составляют одну область рассеяния, поэтому их статистически обрабатывали совместно.

По нашим данным DyI_3 плавится при $1249,4 \pm 1,7$ К ($P = 0,95$; $f = 33$). Среднеарифметическое значение энтальпии плавления $\Delta_m H^\circ(DyI_3) = 15,0 \pm 0,9$ кДж/моль ($P = 0,95$; $f = 33$). По энтальпии и температуре плавления рассчитывали энтропию плавления: $\Delta_m S^\circ(DyI_3) = 12,0 \pm 2,5$ Дж/(мольК).

Таблица – Результаты ДТА – измерений образцов DyI₃

№* ДТА- кривой	Масса образца m,г	Нагревание		Охлаждение	
		T _m , К	Δ _m H°, кДж/моль	T _m , К	Δ _m H°, кДж/моль
3-1-1	0,8562	1244,7	18,2	1253,2	19,4
3-1-2	0,8562	1251,5	13,6	1249,8	15,4
3-1-3	0,8562	1243,0	15,1	1251,5	14,7
3-2-1	0,5540	1254,9	13,0	1256,6	13,5
3-2-2	0,5540	1246,4	11,1	1253,2	10,9
3-2-3	0,5540	1243,0	9,7	1244,7	14,6
3-3-1	0,7612	1244,7	20,3	1246,4	16,6
3-3-2	0,7612	1241,3	12,9	1243,0	17,7
3-3-3	0,7612	1246,4	14,5	1249,8	14,9
3-4-1	0,9143	1253,2	16,2	1251,5	18,1
3-4-2	0,9143	1251,5	16,5	1251,5	18,3
3-4-3	0,9143	1246,4	17,1	1246,4	17,5
5-1-1	0,8689	1253,2	12,1	1249,8	16,7
5-1-2	0,8689	1251,5	11,1	1243,0	15,3
5-1-3	0,8689	1261,7	11,0	1258,3	14,3
6-1-1	0,3708	1249,8	14,8	1249,8	16,3
6-1-2	0,3708	1248,1	11,4	1249,8	16,5
Средние значения:		1248,9	14,0	1249,9	15,9

* Первая цифра в номере ДТА-кривой означает номер партии, вторая – номер образца, а третья – какой по счёту раз нагревается данный образец.

Обсуждение результатов

Результаты химического анализа свидетельствуют о высокой чистоте и требуемой стехиометрии синтезированных партий вещества DyI₃.

По данным РФА соединение изоструктурно LuI₃ [12], HoI₃ [13], GdI₃ [14]. Закономерное смещение в сторону больших величин в значениях межплоскостных расстояний в ряду LuI₃ - GdI₃ указывает на сходный характер распределения катионов в их кристаллических решётках.

Мы не подтверждаем полиморфизм DyI₃. Температура плавления, измеренная нами, наиболее близка к данным [2, 3]. Энтальпия плавления в настоящей работе экспериментально определена впервые и не совпадает с оценочным значением [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johnson D. A., Corbett J.D. The relative Stabilities of the Rare Earth metal diiodides. The metal - metal triiodide systems for terbium, dysprosium and holmium// Collog. Internat. Du C.N.R.S. – 1970. V.1. No 180. P. 429 – 438.
2. Spedding F.H., Daane A.H. The Rare - Earth metals // Met. Rev. – 1960. V.5. No 19. P. 297 – 341.
3. Kutscher J., Schneider A., Notz zur preparation von wasserfreien lanthaniden – halogeniden, insbesondere von iodiden// Inorg. Nucla Chem. Latters. – 1971. V.7. P. 815 – 819.
4. Jantsch G., Jawurek H., Skalla N., Gawalowski H. Zur Kenntnis der Halogenide der seltenen Erden. VI. Über Die Halogenide der Terbin- und Erbinerden-gruppe// Z. Anorg. Allg. Chem. – 1932. B. 207. S. 353 – 367.
5. Wicks C.E., Block F.E.// U.S. Bur. Mines Bull. – 1963. No 605. P. 1 – 146.
6. Горюшкин В.Ф., Пошевнева А.И. Термические константы плавления иодида лютеция// Журн. неорган. химии. 1992. Т.37. № 9. С. 2077 – 2080.
7. Дударева А.Г. Химия бромидных и иодидных соединений лантаноидов: Монография. М.: Издательство УДН, 1991. – 164 с.
8. Ю.В. Горюшкина, С.В. Зенцова, Г.М. Тираков, Г.Л. Борщевская, В.Ф. Горюшкин. Синтез и термические константы плавления бромида эрбия (III)//Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 25/ Редкол.: Л.П. Мышляев (главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2010. С. 9 – 14.
9. Горюшкин В.Ф., Астахова И.С., Пошевнева А.И., Залымова С.А. О кристаллическом дихлориде гольмия // Журн. неорган. химии. 1989. Т.34. №10. С. 2469 – 2472.
10. В.Ф. Горюшкин, А.И. Пошевнева, Н.Г. Винокурова. Термические константы плавления иодида гольмия // Журн. неорган. химии. 1996. Т.41. №9. С. 1534 – 1536.
11. Горюшкин В.Ф., Пошевнева А.И., Лаптев Д.М. Система $\text{YbCl}_3 - \text{YbCl}_2$ // Журн. неорган. химии. 1982. Т.27. №1. С. 251 – 252.
12. Астахова И.С., Горюшкин В.Ф. Рентгенографическое исследование иодида лютеция// Журн. неорган. химии. 1992. Т.37. №12. С. 2666 – 2668.
13. И.С. Астахова, В.Ф. Горюшкин. Рентгенографическое исследование иодида гольмия// Журн. неорган. химии. 1993. Т.38. №4. С. 606 – 608.
14. И.С. Астахова, В.Ф. Горюшкин. Рентгенографическое исследование иодида гадолиния// Журн. неорган. химии. 1994. Т.39. №9. С. 1421 – 1423.

УДК 536.75:536.63

А.П. Коробейников, А.Н. Филин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ЭНТРОПИЯ И ТЕПЛОЁМКОСТЬ МОНОАРСЕНИДОВ ТРЁХВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сравнительными методами вычислены энтропия и теплоёмкость арсенидов трёхвалентных металлов. Вычисленные величины удовлетворительно согласуются со справочными.

The comparative methods calculate entropy and a thermal capacity of arsenides of trivalent metals. The calculated sizes will well be co-ordinated with the help.

Изучение термодинамических свойств арсенидов представляет теоретический и практический интерес, что связано с использованием их в качестве полупроводниковых материалов и вовлечением в производство руд чёрных и цветных металлов, содержащих примеси мышьяка, который при плавке практически полностью переходит в металл.

В [1] имеются сведения по энтропии некоторых арсенидов подгруппы бора и группы железа. Сведений по свойствам остальных соединений нами в литературе, не обнаружено.

Энтропия моноарсенидов трехвалентных металлов 3 и 4 групп определялась по сумме инкрементов, составляющих элементов по уравнению:

$$S_{298}^0 = \sum_{j=1}^n S_j^0, \quad (1)$$

где S_j – энтропия атомов, входящих в соединение.

Энтропия металлов заимствовалась у Латимера [2], а энтропия мышьяка определялась как разность энтропий арсенида галлия (64,06 Дж/моль*град) и металлического галлия и аналогично для арсенида индия (71,60 Дж/моль*град). Эта величина в обоих случаях равнялась 17,17 Дж/моль*град

Результаты вычисления энтропии моноарсенидов трехвалентных металлов представлены в таблице.

Линейная зависимость энтропии хлоридов металлов как функция их массы была установлена Дроссбахом [1]. Вероятно, эта зависимость будет достоверна и для других классов соединений. Поэтому для прогноза термодинамических свойств арсенидов нами использовалась зависимость:

$$S^0_{298}=A \cdot \lg M+B, \quad (2)$$

где M – молекулярная масса соединения, A и B – коэффициенты, вычисленные по указанной формуле с использованием известных величин энтропии арсенидов галлия (64,06 Дж/моль*град) и индия (71,60 Дж/моль*град).

Далее энтропия изучаемых соединений, как функция массы, определялась по уравнению:

$$S^0_{298}=15,267 \lg M-17,680. \quad (3)$$

Значения, вычисленные по предложенному уравнению, удовлетворительно согласуются с соответствующими величинами, определёнными методом В.А. Киреева по зависимости (1).

Теплоёмкость арсенидов трёхвалентных металлов определялась по зависимости от энтропии.

$$C^0_p=A \cdot S^0_{298}+B \quad (4)$$

В качестве исходных величин использовались энтропия арсенидов индия и галлия (71,60 и 64,06 Дж/моль*град) и теплоёмкость этих соединений (47,69 и 46,10 Дж/моль*град, соответственно) [1]. Подстановка значений энтропии и теплоёмкости указанных веществ в уравнение (4) позволила определить коэффициенты A и B .

Результаты расчёта теплоёмкости изучаемых соединений по уравнению

$$C^0_p=0,211 \cdot S^0_{298}+7,780 \quad (5)$$

представлены в таблице.

Таблица – Энтропия и теплоёмкость кристаллических моноарсенидов трёхвалентных металлов

Вещество	Энтропия, вычисленная по уравнению, Дж/моль*град			Теплоёмкость, Дж/моль*град
	(1)	(2)	Среднее по (1) и (2)	
1	2	3	4	5
BAs	37,68	49,53	43,61	41,79
AlAs	50,66	54,35	52,50	43,63
SiAs	51,08	54,64	52,86	43,71
PAAs	-	55,48	55,48	44,30
SAs	-	55,69	55,69	44,34
ScAs	57,78	58,87	58,32	44,88
TiAs	58,20	59,54	58,87	45,01
VAs	59,46	60,21	59,83	45,22
CrAs	59,87	60,42	60,14	45,26
MnAs	60,29	61,09	60,69	45,39
FeAs	60,71	61,26	60,96	45,43
CoAs	61,55	61,88	61,72	45,60
NiAs	61,13	61,84	61,46	45,55
GeAs	64,48	64,60	64,56	46,22
SeAs	-	65,78	65,78	46,48
YAs	67,41	67,49	67,45	46,81
ZrAs	67,83	67,91	67,87	46,89
NbAs	68,25	68,21	68,25	46,98
MoAs	68,67	68,67	68,67	47,19
TcAs	-	69,17	69,17	47,19
RuAs	69,50	69,50	69,50	47,23
RhAs	69,50	69,80	69,67	47,27
PdAs	70,34	70,34	70,34	47,44
SnAs	72,02	72,14	72,10	47,82
SbAs	72,44	72,60	72,52	47,50
TeAs	-	73,40	73,40	48,07
LaAs	74,95	74,65	74,78	48,36
Hf As	79,13	79,64	79,38	49,32
TaAs	79,55	79,89	79,72	49,41
WAs	79,97	80,22	80,10	49,49
ReAs	79,97	80,47	80,22	49,49
OsAs	80,39	80,89	80,64	49,57
JrAs	80,81	81,10	80,98	49,66
PtAs	80,81	81,40	80,26	42,53
TlAs	81,65	82,32	81,98	49,87
PbAs	82,06	82,61	82,32	49,95

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
BiAs	82,48	82,78	82,65	50,03
PoAs	-	82,90	82,90	50,08
ThAs	83,74	84,95	84,33	50,37
RaAs	83,32	84,87	84,07	50,33
UAs	84,16	85,50	84,83	50,50
PuAs	-	85,83	85,83	50,70
CeAs	74,95	75,07	75,03	48,36
PrAs	74,85	75,16	75,03	48,40
WdAs	75,37	75,62	75,49	48,48
PmAs	-	75,70	75,70	48,53
SmAs	76,20	76,37	76,29	48,65
EuAs	76,20	74,56	76,37	48,70
GdAs	77,04	77,21	77,12	48,86
TbAs	77,04	77,42	77,21	48,86
DyAs	77,46	77,79	77,63	48,95
HoAs	77,88	78,09	77,96	49,03
ErAs	77,88	78,38	78,13	49,07
TmAs	78,30	78,55	78,42	49,11
YbAs	78,72	79,05	78,88	49,24
LuAs	79,13	79,26	79,22	49,28

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рузинов Л.П., Гуляницкий Б.С. Равновесные превращения металлургических реакций. – М.: Металлургия, 1975. – 416 с.
2. Киреев В.А.. Методы практических расчётов в термодинамике химических реакций. – М.: Химия, 1975. – 535 с.

УДК 669.162.2:004.94

Н.А. Спирин, Л.Ю. Гилева, В.Ю. Рыболовлев*,
И.Е. Косаченко*, О.П. Онорин

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический
университет – УПИ имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург

*ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
г. Магнитогорск

РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ¹

Приведены результаты разработки и промышленной эксплуатации в АСУ ТП ОАО «ММК» модельной системы поддержки принятия решения для управления доменной плавкой, основу которой составляет комплекс математических моделей доменного процесса. Дана характеристика основных подсистем доменного процесса как объекта моделирования: теплового состояния печи, дутьевого и газодинамического режимов доменной плавки, шлакового режима. Описаны конкретные технологические задачи, решаемые с использованием разработанного программного обеспечения.

The outcomes of development and industrial operation of a model system of support of decisionmaking for control blast fusible are adduced, which basis makes the complex of mathematical models of blast process. The characteristic of basic subsystems of blast process as object of modelling is given. The particular technological problems solved with use of the developed software are circumscribed.

Задачи, решаемые в области управления технологическим режимом доменной плавки, чаще всего относятся к классу плохо структурированных задач, что обуславливает необходимость использования базы математических моделей в системе АРМ инженерно-технологического персонала печи на уровне SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition – сбор данных и диспетчерское

¹ Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Федерального агентства по науке и инновациям № 02.740.11.0152.

управление). В основу математического моделирования положены современные достижения в области теории и практики доменного процесса.

Принцип, положенный в основу выбора конкретных математических соотношений для описания отдельных подсистем, заключался в разрешении противоречий между сложностью моделируемого процесса и необходимостью решать технологические задачи в темпе с процессом за заданный интервал времени с использованием реально имеющейся информации. Все эти подсистемы до определенной степени детализации можно описать аналитически. Однако полнота их описания различна. Наибольшие достижения при этом достигнуты в области разработки подсистемы теплового состояния. Наибольшие сложности вызывает математическое описание дутьевого, газодинамического и шлакового режимов. Требуемое для решения технологических задач полное аналитическое описание этих подсистем невозможно, поэтому использовались и эмпирические соотношения.

Подсистема теплового состояния доменной печи [1 – 4]. К основным задачам этой подсистемы относятся оценка влияния режимных параметров на удельный расход кокса (рудную нагрузку), а также прогноз химического состава продуктов плавки при изменении параметров загружаемой шихты и комбинированного дутья. В основу модели теплового состояния печи положены закономерности теплообмена в современной доменной плавке, разработанные Уральской научной школой (основатели – докт. техн. наук, проф. Б.И. Китаев, докт. техн. наук, проф. Ю.Г. Ярошенко) [3]. Эти закономерности предусматривают возможность относительной самостоятельности оценки теплового состояния верхней и нижней зон печи. При этом верхняя тепловая зона определяет интенсивность развития процессов косвенного восстановления оксидов железа, а нижняя – затраты тепла на прямое восстановление, физический и химический нагрев продуктов плавки. Влияние теплового состояния верхней зоны на состояние нижней проявляется через развитие процессов косвенного и прямого восстановления. Балансовые соотношения модели дополнены уравнениями для оценки влияния на тепловое состояние печи восстановительной работы газового потока и шлакового режима.

Выполненными ранее исследованиями установлено, что модель теплового состояния печи (модель УПИ) в целом пригодна для решения задач контроля и анализа ее теплового режима. Однако выявлены и недостатки модели. Главное внимание при разработке этой модели было уделено моделированию тепловых явлений плавки, особенности же дутьевого, газодинамического и шлакового режимов не находили должного отражения в этой модели, что ограничивало область ее практического применения.

Подсистема дутьевого и газодинамического режимов доменной плавки [4 – 7]. При моделировании газодинамического режима решается следующий комплекс технологических задач: оценка влияния параметров комбинированного дутья и загружаемой шихты на параметры фурменного очага; расчет газодинамических характеристик слоя шихтовых материалов; оценка изменения перепадов давления по высоте печи при изменении расхода дутья и параметров шихты. В основе моделирования процессов газодинамики лежат известное уравнение Эгона и эмпирические зависимости, связывающие протяженность зон циркуляции (горения) и углекислотной (окислительной) с кинетической и полной энергией дутья. При расчете газодинамических характеристик слоя шихтовых материалов определяются эквивалентный диаметр куска шихты, порозность слоя шихтовых материалов и насыпная масса загружаемой шихты. В качестве показателя предельной степени форсирования плавки дутьем служит степень уравнивания шихты газовым потоком (СУ). Установлено, что задержки в сходе шихты с последующими самопроизвольными обрывами происходят для условий работы доменных печей ОАО «ММК» при превышении значения $SU = 0,55$. Изменение производительности в прогнозном периоде рассчитывают, исходя из условия сохранения СУ шихты на прежнем уровне или с учетом предельной степени форсирования плавки дутьем. В расчете учитывается изменение гранулометрического состава шихтовых материалов.

Подсистема шлакового режима [4 – 8]. При моделировании шлакового режима решаются задачи получения шлака, обладающего надлежащими свойствами в ходе всего процесса шлакообразования — от стадии размягчения, последующей фильтрации первичного шлакового расплава в коксовой насадке до получения конечного шлакового расплава и чугуна требуемого химического со-

става с минимальным содержанием серы. В основу аналитического расчета вязкости шлака в базовом и прогнозируемом периодах положена математическая обработка диаграмм четырехкомпонентной шлаковой системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ в области реальных значений доменных шлаков и известные зависимости вязкости гомогенных шлаковых расплавов от температуры. В случае присутствия в шлаке заметного количества других оксидов в уравнение модели вводятся корректировки, учитывающие их влияние на вязкость шлаков. С использованием соответствующего уравнения определяется зависимость вязкости доменного шлака от температуры в диапазоне 1350 – 1550 °С. Температура образования первых порций жидких фаз (соответствует началу усадки – началу размягчения) и температура расплавления (появления подвижного шлакового расплава) определяются по эмпирическим уравнениям для используемого железорудного сырья. В основе прогнозирования содержания серы в чугуна лежит уравнение ее баланса. Анализ имеющихся в литературе данных по расчетному определению содержания серы в чугуна показывает, что все уравнения носят эмпирический характер.

Основные расчетные соотношения, характеристики расчетных параметров, особенности функционирования указанных подсистем подробно описаны в работе [7].

Использованный принцип натурно-математического моделирования (натурно-модельный подход), разработанный докторами техн. наук, проф. Е. Л. Сухановым и Загайновым С.А. [1 – 3], предусматривает выделение моделей двух уровней: базового состояния и прогнозирующей. Модель базового состояния позволяет оценить вектор показателей состояния системы и используется для расчета коэффициентов настройки (адаптации) прогнозирующей модели. Прогнозирующая модель оценивает проектные показатели доменного процесса при изменении условий плавки относительно текущего состояния. Этот принцип применяли ранее только в модели теплового состояния печи. Данный подход был использован нами в дальнейшем при моделировании шлакового, газодинамического и дутьевого режимов плавки.

Исходными для модели базового состояния служат данные о работе печи за период, при котором динамические погрешности измерения незначительны (базовый период). Условия работы печи

в данный период должны характеризоваться стабильностью и быть близкими к текущему состоянию (текущему периоду). Текущий период — это период работы печи, отражающий текущее состояние процесса и непосредственно предшествующий времени моделирования. Данные о работе печи в текущий период необходимы в качестве начальных (исходных) данных для проектной оценки ее показателей при изменении сырьевых условий или режимных параметров. Дополнительными данными для прогнозирующей модели являются вектор показателей состояния системы, рассчитываемый в модели базового состояния, и набор данных об изменениях параметров работы печи относительно текущего периода (проектный период).

Программное обеспечение для компьютерной системы поддержки принятия решений при управлении плавкой решает следующие задачи.

Задача 1. Расчет требуемой рудной нагрузки для поддержания на заданном уровне теплового состояния печи, оцениваемого по содержанию кремния в чугуна, при заданных изменениях:

- сырьевых условий по металлической части шихты (соотношений расходов железорудных материалов в подаче; расхода металлодобавок и флюсов; химического состава любого компонента шихты);
- дутьевых параметров (температуры и влажности горячего дутья; содержания кислорода в дутье; расхода природного газа).

Задача 2. Расчет требуемых параметров комбинированного дутья (температуры и влажности горячего дутья, содержания кислорода в дутье и расхода природного газа) для поддержания на заданном уровне теплового состояния печи, оцениваемого по содержанию кремния в чугуна, при заданной рудной нагрузке и заданных изменениях:

- сырьевых условий по металлической части шихты (соотношений расходов железорудных материалов в подаче; расхода металлодобавок и флюсов; химического состава любого компонента шихты);
- дутьевых параметров (температуры и влажности горячего дутья; содержания кислорода в дутье; расхода природного газа).

Задача 3. Расчет изменения содержания кремния в чугуна при заданных изменениях:

- сырьевых условий по металлической части шихты (соотношений расходов железорудных материалов в подаче; расхода металлдобавок и флюсов; химического состава любого компонента шихты);
- по коксу (расход, технический состав);
- дутьевых параметров (температура и влажность горячего дутья, содержание кислорода в дутье, расход природного газа).

Для всех задач возможна одновременно любая комбинация указанных вариантов сырьевых условий и дутьевых параметров и предусмотрены два варианта расчета шлакового режима: основности шлака (CaO/SiO_2) при заданном расходе флюсов; требуемого расхода флюса для получения шлака заданной основности.

Интегрированный пакет прикладных программ «Автоматизированное рабочее место инженерно-технического персонала доменной печи» представляет собой комплекс информационно связанных интерактивных (диалоговых) программных модулей, объединенных в общую оболочку, и включает в себя следующие информационные и расчетные модули:

- Формирование набора данных о работе доменной печи в базовый период
- Расчет параметров состояния процесса в базовый период
- Формирование набора данных о работе доменной печи в текущий период
- Формирование набора данных о работе доменной печи в проектный период
- Прогноз показателей работы печи.

При формировании набора данных о работе печи в базовом периоде исходная информация о параметрах и показателях процесса автоматически считывается из базы данных. Предусматривается ручной ввод даты и продолжительности периода. По умолчанию устанавливается период, ближайший к текущему периоду работы печи, продолжительностью предшествующие 1 сутки (1 смену). При расчете показателей состояния процесса в базовом периоде определяется комплекс параметров, характеризующих тепловой, дутьевой, газодинамический и шлаковый режимы доменной плавки.

Решение задачи прогноза показателей работы печи позволяет в диалоговом режиме оценить изменение показателей работы печи при колебаниях топливно-сырьевых условий работы печи, а также

при изменении параметров плавки и требований, предъявляемых к химическому составу продуктов плавки. Необходимый в качестве начального набор данных о работе печи в текущем периоде формируется автоматически из базы данных. Вводится информации о текущих входных параметрах процесса: составе подачи (данные последней шихтовки); дутьевые параметры (данные, усредненные за период между началами последних выпусков жидких продуктов плавки). Информация о составе жидких продуктов плавки задается по известному последнему анализу химического состава чугуна и шлака. Содержание кремния в чугуне в текущий период может вводиться (корректироваться) пользователем (мастером) по результатам его экспертной оценки. При отсутствии в базе данных сведений о работе печи в период, непосредственно предшествующий времени моделирования, предусматривается ручной ввод даты и продолжительности текущего периода.

Формирование набора данных о работе печи в проектный период выполняется пользователем в диалоговом режиме. Окно ввода данных представлено на рисунке 1.

Прогноз работы доменной печи
Файл Базовый режим

ПОСЛЕДНЯЯ ПЕРЕШИХТОВКА

Печь	Дата	Смена	Подача	Сумма руд, т	Сумма кокса, т
6	15.01.2004	2	1	34.5	9.5

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Наименование	Кол-во, т/подачу	Fe	CaO	SiO2	FeO	Al2O3	MgO	MnO	S	P	25-50	15-25	5-15
Агл.фаб 3	23.411	56	10.32	7.05	12.3	1.82	1.83		0.031		26.4	37.3	22.8
Окат.Сокол	11.089	62.8	4.14	3.76	0	1.32	0.84		0.041		0	0	17

МЕТАЛЛОДОБАВКИ

Наименование	Кол-во, т/подачу	Fe	CaO	SiO2

ФЛЮСЫ

Наименование	Кол-во, т/подачу	Fe	CaO	SiO2	Al2O3	MgO
Кварцит	0.3	0	0	97.5	0.8	0
Известняк	0	0	51.6	0.11	0.03	3.7

КОКС

Наименование	Кол-во, т/подачу	Влага	Зола	Летуч	[S]	Fe	SiO2	Al2O3	>80	60-80	40-60	25-40	<25
Кокс с блока 2	9.5	5.6	12.5	1.2	0.43	5.6	48.8	24.1	18.2	41.9	33.4	3.8	2.8

АСУТП

Температура, С	Влажность, г/м3	Кислород, %	Прир. газ, м3/ч
1105	1.5	28.48	13967

Период: Текущий (Si % 0.6, Основн 1.1), Проектный (Si % 0.8)

Вид флюсующего материала: Кварцит
Расчётный параметр: Рудная нагрузка

Печь: №1, №2, №6, №7, №8 (№7 selected)

Текущая дата: 15.01.2004
Выбор базового периода: 08.12.2003

9:34 15.01.2004 Данные считаны 15.01.2004 09:22:09 NUM INS

Рисунок 1 – Диалоговое окно ввода данных «Прогноз работы доменной печи»

Фрагмент результатов расчета представлены в виде таблицы показателей, характеризующих основные режимы доменной плавки в базовый, текущий и проектные периоды (рисунке 2).

Пакет прикладных программ работает под управлением ОС WINDOWS, имеет широкие функциональные возможности с развитым интерфейсом и обладает хорошими характеристиками процесса счета (скорость процесса вычислений). Для предоставления агрегированной расчетной информации для руководящего состава комбината о работе цехов и производств широко используется технология Intranet.

< **Корректировка теплового состояния рудной нагрузкой** >
При заданных изменениях параметров плавки:
 - содержания [Si] на **0.2 %**;
Расход кокса в подачу следует изменить на 0.16 т и он составит 9.67 т
Основность шлака составит 1.14 д.ед.

Показатели	Базовый 08.12.2003	Текущий 15.01.2004	Проект
▶ Количество подач за смену		57.9	56.5
Расход сух. кокса, (т в подачу)/(кг/т)	409.67	09.00 / 420.16	09.16 / 426.32
Расход вл. кокса, (т в подачу) / (кг/т)	431.79	09.51 / 443.69	09.67 / 450.19
Расход ЖРМ, (т в подачу) / (кг/т)	1584.76	34.50 / 1610.03	34.50 / 1606.52
Расход металлодобавок, (т в подачу) / (кг/т)	0.00	00.00 / 0.00	00.00 / 0.00
Расход флюсов, (т в подачу) / (кг/т)	18.37	00.30 / 14.00	00.30 / 13.97
Кварцит, (т в подачу) / (кг/т)		00.30 / 14.00	00.30 / 13.97
Известняк, (т в подачу) / (кг/т)		00.00 / 0.00	00.00 / 0.00
Рудная нагрузка, т/т	3.87	3.83	3.77
Содержание железа в ЖРМ, %	59.25	58.19	58.19
Производительность (факт), т/сут	2944	2945	2880
Производительность (Fe), т/сут	3760	3762	3679
<hr/>			
[Si], %	0.95	0.60	0.80
[S], %	0.013	0.010	0.010
Основность шлака, д.ед.	1.12	1.10	1.14
Вязкость, пуаз	2.76	0.00	0.00
Выход шлака, кг/т	300	309	304
<hr/>			
Температура дутья, С	1103	1105	1105
Влажность дутья, г/м ³	2.0	1.5	1.5
Кислород, %	27.60	28.48	28.48
Природный газ, (м ³ /мин) / (м ³ /т)	245 / 093.9	233 / 089.1	228 / 089.1

Печать Полимерма вязкости шлака Закреть

Рисунок 2 – Фрагмент окна вывода данных с результатами расчета показателей проектного режима

В связи с этим, в рамках АСУ доменного производства разработан Intranet-сайт доменного цеха содержащий оперативную информацию о ходе доменного процесса на печах цеха в различные

периоды, а также результаты работы печей и цеха за отчетные периоды.

Данный отчет и количество показателей может формироваться по заказу технологического персонала доменного цеха, отвечающего за анализ работы доменных печей и цеха в целом и принимающих решение по управлению технологией, перераспределению производства чугуна и материальных ресурсов. Предусмотренная при реализации модели многовариантность оценок позволяет выполнить субъективный анализ достоверности информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплотехника доменного процесса / Б.И. Китаев, Ю.Г. Ярошенко, Е.Л. Суханов, Ю.Н. Овчинников, В.С. Швыдкий. – М.: Metallurgy, 1978. – 248 с.
2. Теплообмен и повышение эффективности доменной плавки / Н.А. Спирин, Ю.Н. Овчинников, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 1995. – 243 с.
3. Разработка и внедрение математического и программного обеспечения для гибких технологических режимов работы доменных печей / С.А. Загайнов, О.П. Онорин, Л.Ю. Гилева и др. // Сталь, 2000. № 9. С. 12 – 15.
4. Современная автоматизированная информационная система доменной плавки / В.А. Краснобаев, В.Ю. Рыболовлев, Н.А. Спирин и др. // Сталь. 2000. № 9. С. 7 – 10.
5. Информационные системы в металлургии / Н.А. Спирин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов [и др.]. Под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. – 617 с.
6. Интегрированная модельная система поддержки принятия решений для управления доменной плавкой / В.Л. Терентьев, В.Ю. Рыболовлев, Н.А. Спирин [и др.]. // Сталь. 2004. № 9. С. 9 – 11.
7. Компьютерные методы моделирования доменного процесса. / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев [и др.]. Под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург, УГТУ–УПИ. 2005. – 301 с.
8. Компьютерные методы моделирования газодинамического и шлакового режима доменной плавки / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.В. Лавров. // Сталь. 2005. №6. – С. 55 – 58.

УДК 622. 341. 2

А.А. Горлов, А.П. Коробейников, А.Н. Филин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАНЦА И СПЛАВОВ В РОССИИ

В статье рассмотрены перспективы производства марганца в России.

This article contains information about prospects for the production of manganese in Russia.

В связи с разделением СССР, Россия осталась без марганца и марганцевых сплавов. Основным поставщиком марганцевого сырья была Украина и в небольшой доле Казахстан. Казахстан владеет низкофосфористыми рудами. Украинские руды бедные и высокофосфористые, поэтому очень высока стоимость ферросплавов из таких руд. В России нет энтузиастов для переработки своих марганцевых месторождений и вдобавок к этому известные месторождения недоступны. Одно находится в Северном ледовитом океане, одно – в Балтийском море, другие – в Красноярском крае, но тоже не доступны, еще более не доступны руды Северного Урала. Решать эту проблему под силу только могучим государствам, таким как Китай и США. Но государству это не нужно. Выход один есть – возродить в России Госплан, только эта организация может решить проблему. При этом решать ее нужно на государственном уровне, т.к. марганец – это самый стратегический материал в обороне. Не хотелось бы россиянам праздновать ежегодно два дня победы.

Богатые марганцевые руды без фосфора имеются в Африке и в Индии. Российские компании обратили внимание на эти руды. Главный недостаток марганцевых руд России – высокое содержание фосфора. Можно утверждать, что решение этой проблемы близко к завершению.

Российская группа компаний «Ренова» и южноафриканская группа Pitsa Ya Setshaba Holdings подписали меморандум о перспек-

тивах развития совместного проекта добычи и переработки марганцевых руд в районе Калахари (ЮАР). Предполагается, что «Ренова» вложит собственные средства в освоение перспективных запасов марганцевых руд, лицензия на добычу которых принадлежит Putsa Ya Setshaba. В самой «Ренове» получить комментарий не удалось. Однако не исключено, что говорить о реализации проекта пока рано. Для того чтобы выйти на «финишную прямую» в получении необходимых разрешений и лицензий от правительства ЮАР, необходимо у него же завизировать подписанный контракт. А это, как и последующие предпроектные работы, потребует немало времени.

ЗАО «Ренова» – одна из крупнейших управляющих компаний в России, основанная в 1990 г. Компания ведет бизнес и инвестиционные проекты в металлургической, нефтяной, машиностроительной, горнодобывающей, химической отраслях, пищевой промышленности, энергетике, ЖКХ, инфраструктурном бизнесе. Предприятия, находящиеся в собственности и под управлением «Реновы», работают в 25 регионах России и СНГ. На сегодняшний день в группу «Ренова» входят ТНК-ВР, группа СУАЛ, ЗАО «Коми Алюминий», ОАО «Каменск-Уральский литейный завод», ЗАО «Титано-апатитовая компания», ЗАО «Комплексные энергетические системы», ЗАО «Уральский турбинный завод», ОАО «Саянскхимпласт» и другие предприятия.

В Министерстве природных ресурсов (МПР) РФ состоялась рабочая встреча группы компаний «Ренова» и южноафриканской группы»Pitsa Ya Setshaba Holdings. Одним из вопросов, который рассмотрели стороны в ходе этой встречи, стали перспективы развития совместного проекта добычи и переработки марганцевых руд в районе Калахари (ЮАР). Реализация так называемого «марганцевого проекта» была одобрена в ходе работы четвертой сессии Смешанного межправительственного комитета (СМПК) по торгово-экономическому сотрудничеству между Россией и ЮАР еще в ноябре 2004 г. Как сообщили RBC daily в пресс-службе МПР РФ, по итогам встречи «Ренова» и Pitsa Ya Setshaba Holdings был подписан меморандум, создающий все необходимые условия для развития проекта.

По данным пресс-службы МПР, проект предусматривает получение доступа к разработке месторождений марганцевых руд российского бизнеса, и, в первую очередь, «Реновы». Группа компаний готова вкладывать собственные средства в освоение перспективных запасов

марганцевых руд, лицензия на добычу которых на сегодняшний день принадлежит компании Pytsa Ya Setshaba Holdings. Согласно официальным заявлениям пресс-службы МПР, стороны готовы приступить к осуществлению проекта сразу же после принятия правительством ЮАР соответствующего решения о начале и условиях его реализации. Предполагается, что в ближайшее время будет сформирован российско-южноафриканский консорциум, целью которого станет получение разрешения на разведку и последующую добычу марганца.

Пристальное внимание МПР к проекту освоения марганцевых руд в ЮАР неудивительно. По словам заместителя министра природных ресурсов РФ Валентина Степанкова, одной из важнейших задач министерства является создание оптимальных условий для деятельности российских добывающих компаний за рубежом в целях обеспечения развития российской экономики. Однако в самой «Ренове» не удалось получить никаких комментариев по вопросу о подписании соглашения с южно-африканской компанией. Не решаются пока комментировать проект и отраслевые аналитики.

Однако судить о реализации совместного проекта «Реновы» и южно-африканской компании сейчас очень сложно. Как сообщает пресс-служба Министерства природных ресурсов, получение доступа к освоению марганцевых руд возможно лишь после подписания целого ряда контрактов. И хотя подписанный контракт о полномасштабном сотрудничестве является одним из основных в этом списке, для получения необходимых разрешений и лицензий от правительства ЮАР требуется, чтобы южноафриканское правительство завизировало этот контракт. Но на это, а также (в случае положительного результата) на все последующие предпроектные работы потребуется немало времени. Поэтому говорить о том, будет ли российская компания добывать марганец в ЮАР, и тем более о том, какие прибыли ей это принесет, пока рано.

Для информации приводятся характеристики марганцевых руд и концентратов ряда месторождений.

Таблица – Характеристики марганецсодержащих руд и концентратов, применяемых для производства ферросплавов

Тип руды	Сорт, марка	Месторождение	Содержание элементов, масс. %		Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO ₂	H ₂ O	Фракция, мм	Цена за 1% Mn, USD	Цена за 1 тонну руды, USD		Условия поставки
			Mn	P											SiO ₂	min	
Руда Габон																	
Руда Габон	I	Моанда	48,0	0,120	5,0	3,50	6,00	0,11	0,1	-	-	-	10-60	2,0*	96,00	SIF Порт Украины	
Руда Габон	II		44,0	0,100	7,5	4,50	7,00	0,11	0,1	-	-	-	10-61	2,0*	88,00		
Руда ЮАР																	
Руда ЮАР	VVIL	Калахари, ЮАР	48,0	0,045	5,2	10,0	-	-	-	-	-	-	-	1,5-2,2	72,00	105,60	SIF Порт Украины
Руда ЮАР (агломерат)			40,4	0,043	18,0	6,70	1,63	0,89	-	-	-	0,5	-	-	1,9*	88,97	
Руда ЮАР	MIL		38,0	0,035	4,7	4,30	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5-2,0	57,00	
Руда Гана																	
Руда Ганская (кусок)	1	Нет данных	30,0	0,065	12,0	1,00	2,15	4,30	3,5	0,16	0,05	-	0,7	1,8*	54,00	SIF Порт Украины	
Руда Ганская (мелочь)	2		30,0	0,065	12,0	1,00	2,15	4,30	3,5	0,16	0,05	-	0,7	1,2*	36,00		
Руда Ганская прокатанная			44,3	0,093	17,1	1,43	-	6,07	5,0	-	-	-	-	-	1,5-2,0		66,43
Руда австралийская																	
Руда Австралийская (кусок)	ML	Грунт-Айленд, Вудли-Вуди, Австралия	48,00	0,090	7,5	5,50	3,00	-	-	-	-	3,9	5-75	2,27	108,96	FOB Порт Украины	
Руда Австралийская (кусок)	SL		42,00	0,090	12,0	5,50	5,00	-	-	-	-	3,9	5-75	2,05-2,5	84,00		105,00
Руда Австралийская (мелочь)	MC		48,00	0,090	7,5	6,00	3,00	-	-	-	-	3,9	5-75	1,55	74,40		
Руда Австралийская (мелочь)	SC43		43,00	0,090	11,0	6,00	5,00	-	-	-	-	3,9	5-75	1,6-2,2	86,00		107,50
Руда Чиаурская																	
Металлургический концентрат	I	Чиаурское Грузия	48,0	0,170	10,0	1,20	3,30	-	-	-	-	9,0	0-16	1,8*	85,92	SIF Порт Украины	
Металлургический Концентрат	II		42,00	0,170	15,0	1,25	4,00	-	-	-	-	11,0	0-16	1,9*	78,54		
Металлургический Концентрат	III		35,0	0,170	20,0	1,31	5,40	-	-	-	-	11,0	0-16	1,3-1,5	52,50		70,00
Аглолула			17,0	0,160	36,0	1,85	7,20	-	-	-	-	15,0	0-16	-	-		-
Руда Никопольская																	
Концентрат Никопольский	I	Никопольский рудный бассейн Украина	43,6	0,210	13,1	1,90	-	3,00	1,3	-	-	16,0	5-20	1,49	65,00	СРТ ст. Никополь	
Концентрат Никопольский	IB		42,4	0,200	14,4	2,20	-	3,20	1,3	-	-	20,0	5-20	1,53	65,00		
Концентрат Никопольский	II		36,3	0,200	18,4	2,50	-	5,00	1,5	-	-	22,0	5-20	1,79	65,00		
Концентрат карбонатный			27,6	0,200	16,4	2,60	-	9,00	1,8	-	-	20,0	5-20	2,36	65,00		

Продолжение таблицы

Руда Жайремская	Западный Каражал, Ушкаты III, Казахстан	43,2	0,040	8,0	8,00	7,10	0,50	0,5	0,45	0,15	-	10,0	8-100	1,5-2,2	64,80	95,04
Руда Жайремская		32,0	0,070	16,0	14,0	7,10	0,90	0,3	0,45	0,15	-	10,0	8-100	1,5-2,0	48,0	64,00
Руда Жайремская мелкая		35,0	0,040	16,0	14,0	7,10	0,90	0,3	0,45	0,15	-	10,0	8-100	1,5-2,0	52,50	70,00
Руда Казахстана																
Руда Бразилия	Мингел-Конгу	43,5	0,090	4,0	17,50	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	6-75	1,5-2,2	65,25	95,70
Руда Бразилия	Азул	40,0	0,090	4,0	17,50	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	6-75	1,5-2,2	60,00	88,00
Руда Бразилия	Буритимара	47,5	0,090	4,0	17,50	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	6-75	1,5-2,2	71,25	104,50
Руда Бразилия	Урукум	45,0	0,090	3,0	11,00	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	6-75	1,5-2,2	67,50	99,00
Руда Бразилия	Серра-ду-Навиу	46,0	0,090	3,0	11,00	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	6-75	1,5-2,2	69,00	101,20
Концентрат Бразильский		29,5	0,090	5,0	28,20	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	0-6	1,5-1,8	44,25	53,10
Концентрат Бразильский		32,0	0,090	2,5	28,00	8,60	0,15	0,2	1,5	0,06	-	8,0	0-38	1,5-1,8	48,00	57,60
Руда Китая	Сянгань	43,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5-2,2	-	-
Руда Китая	Тянден	47,0	8,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5-2,2	-	-
Руда Китая		37,0	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Руда Индия	Нет данных															
Руда ДР Конго	Нет данных															
Руда Конго	A	49,0	0,130	5,0	3,0	7,0	-	-	-	-	74,0	-	-	2,0	-	-
Руда Конго	C	55,0	0,150	5,0	1,50	3,00	-	-	-	-	80,0	-	-	2,0	-	-
Руда Конго	B	47,0	0,130	5,0	4,00	7,00	-	-	-	-	68,0	-	-	2,0	-	-
Руда Конго	R	54,0	0,130	5,0	4,00	7,00	-	-	-	-	85,0	-	-	2,0	-	-

УДК 669.184

В.А. Дорошенко, Н.К. Дорошенко

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

О ПЕРЕРАБОТКЕ ФОСФОРИСТЫХ ЧУГУНОВ В КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРАХ

В статье рассматривается проблема переработки фосфористых чугунов кислородно-конверторным процессом. Дан анализ в историческом аспекте развития технологии переработки фосфористых чугунов.

In article the processing problem high phosphorus pig iron in LD-process is considered. The analysis in historical aspect of development of technology of processing high phosphorus pig iron is given.

Развитие металлургической промышленности основано на необходимости значительного повышения темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, технического перевооружения и реконструкции производства, интенсивного использования созданного производственного потенциала.

В свое время томасовский процесс был создан для выплавки стали из фосфористого чугуна в конверторах с донным воздушным дутьем. В последующем шлак с высоким содержанием P_2O_5 начали широко применять как эффективное удобрение для сельского хозяйства. В России томасовское производство было организовано на базе Керченского месторождения фосфористых железных руд на двух металлургических заводах в Таганроге и Мариуполе [1]. Несмотря на большие запасы таких руд (месторождения Лисаковское, Аятское, Рудногорское Тунгусское), только на заводе «Азовсталь» длительное время (с 1934 г.) перерабатывают керченскую железную руду (38,7 % Fe и 1,1 % P). На этом заводе в 440-т качающихся мартеновских печах кроме качественной стали получают фосфатшлак, который используют для удобрения почвы.

В Казахстане с 1972 г. начинали разрабатывать Лисаковское месторождение бурых железняков (35,2 % Fe и ~1 % P), которые представляют собой труднообогатимый продукт, имеющий мелкозернистую оолитовую структуру. Отсутствие рациональной технологии обогащения такого типа руд сдерживало промышленную эксплуатацию этого месторождения. Тем не менее для использования этих руд был запроектирован горно-обогатительный комбинат мощностью 36 млн. т/год по исходной руде и 20,4 млн. т/год по концентрату с содержанием железа 47,5 %. С 1974 г. начали работать три секции, применяющие гравитационно-магнитную схему обогащения, что составляет 50-70 % мощности запланированных агрегатов. Предполагалось, что обогатительная фабрика Лисаковского ГОКА должна расширяться по гравитационно-магнитной схеме [2] и по обжигмагнитной схеме обогащения, которая обеспечивает получение концентрата с более высоким содержанием железа (61 %). Последнее позволит выплавлять чугун с более высокой концентрацией фосфора (901,4 %), что повысит качество фосфатшлака, а также позволит решить вопрос относительно возможности работы доменных печей на шлаках с содержанием глинозема 24-25 % и последующем извлечении его для нужд алюминиевой промышленности.

Кроме фосфора и глинозема, в лисаковской руде содержится ванадий (0,10-0,15 %). Институт металлургии АН СССР им. Байкова еще в 1950 г. разработал в лабораторных условиях схему отдельного извлечения ванадия и фосфора из конверторных шлаков при переделе чугуна, получаемого из этих руд. В этом же направлении работает Институт металлургии и обогащения АН КазССР. Однако при существующих условиях относительно низкая концентрация ванадия в конвертерном шлаке пока еще не позволяет осуществить комплексное использование всех полезных компонентов.

На базе этих руд с 1976 г. работает Карагандинский металлургический комбинат, где освоено производство агломерата из лисаковского гравитационно-магнитного концентрата и внедрена технология передела фосфористого чугуна на качественную сталь в

250-т кислородных конвертерах с получением фосфористого шлака, пригодного в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Большегрузные конверторы комбината были оборудованы новейшей системой газов без их дожигания, что позволило уменьшить количество выделяющихся газов в 4-5 раз и значительно уменьшить размеры газоочистки. Особенности работы конверторов, оборудованных такой системой, заключается в том, что при прекращении или возобновлении продувки должно быть обеспечено образование «тампона» из уже сгоревших газов для предупреждения образования взрывоопасных смесей а газоотводящем тракте. Для обеспечения безопасной работы конверторов во время промежуточных повалок для скачивания фосфористого шлака был предварительно разработан специальный режим прекращения и возобновления продувки в любой момент плавки. Этот режим был предварительно опробован на промышленных плавках в 250-т конвертерах при использовании фосфористого чугуна, полученного путем присадки феррофосфора в чугуновозный ковш при выпуске обычного передельного чугуна из доменной печи. Благодаря таким плавкам подтвердилась возможность работы без хлопков при остановке продувки для скачивания промежуточного шлака и, кроме того, была разработана первая технологическая инструкция для цеха, а также удалось избежать выпуска некондиционного металла при освоении новой технологии.

Осваивая технологию конвертерного передела фосфористого чугуна с содержанием фосфора $> 0,6 \%$ и до 1,2-1,3 % при использовании кусковой извести, вместо обычного применяемого вдувания пылевидной, применили двухшлаковый процесс со скачиванием промежуточного шлака, который обеспечивал гарантированно низкое содержание фосфора в готовой стали. В дальнейшем была увеличена садка конверторов до 380 т, внедрено факельное торкретирование изношенных участков футеровки конвертеров, что способствовало значительному увеличению производительности конвертерного цеха.

Научно-исследовательским институтом по технике безопасности была разработана технология конвертерной плавки с оставлением конечного шлака. Для этого оставленный в конвертере

шлак выводим из активного состояния присадками извести и в редких случаях кокса. Повторно используя таким образом шлак с высоким содержанием оксидов железа и оксида кальция на следующей плавке, увеличили выход годной стали.

Скачиваемые фосфористые шлаки содержат 7-12 % P_2O_5 , а конечные шлаки - примерно на 3 % меньше, однако при оставлении конечного шлака в конвертере количество последнего снижается, а концентрация P_2O_5 соответственно повышается.

Как показали предварительные исследования, фосфористые шлаки можно с успехом использовать в сельском хозяйстве для удобрения почвы. С этой целью фосфористый шлак после помола и отмагничивания испытали а вегетационных условиях Тимирязевской сельскохозяйственной академии, на кислых почвах при выращивании злаковой культуры и в полевых условиях Тельмановского района Карагандинской области на сельскохозяйственной станции АН КазССР, в условиях нейтральной почвы на зерновых и овощных культурах. Во всех случаях получали существенный прирост урожая. Результаты испытаний, проведенных Павлодарской опытной станцией, показали, что фосфористый шлак, внесенный в полуторной дозе, давал такую же прибавку к урожаю, как и двойной суперфосфат, внесенный в одинарной дозе.

По ходу разработки, освоения и совершенствования новой технологии были осуществлены многочисленные мероприятия, позволяющие получить качественную сталь из чугуна с содержанием фосфора до 1,2 – 1,3 %. Из такого чугуна выплавляют низкоуглеродистую и низколегированную сталь, которую применяют для производства горяче- и холоднокатаной листовой продукции, включая рулонную сталь в экспортном исполнении, лонжеронный металл для автомобилестроения и белую жечь для консервной промышленности.

Разработка и внедрение технологии переработки фосфористого чугуна открывает большие возможности для расширения железорудной базы металлургии за счет вовлечения в производство фосфористых руд других месторождений. Это дает возмож-

ность более широко и с наибольшим эффектом использовать в сельском хозяйстве конверторные фосфористые шлаки [2].

В настоящее время разработаны и применяются следующие разновидности современного передела высокофосфористых чугунов [4, 5]:

– кислородно-конверторный процесс с продувкой сверху с использованием сортированной извести;

– кислородно-конверторный процесс с использованием порошкообразной извести, вдуваемой в расплав в токе кислорода как с верхним, так и с нижним подводом дутья или их комбинацией;

– использование конвертеров с двумя осями вращения, обеспечивающих механическое перемешивание расплава для ускорения формирования шлака и регулирование хода плавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Явойский В.И. Металлургия стали / В.И. Явойский, Г.Н. Ойкс. – М.: Металлургия, 1973. – 817 с.

2. Лукьянчиков Н. Н. Комплексное использование минерального сырья / Н.Н. Лукьянчиков, Н.П. Сокова. – Алма-Ата: Наука, АН КазССР, 1981. – С. 81 – 83.

3. Смирнов Л.А. Передел фосфористого чугуна в большегрузных кислородных конвертерах / Л.А. Смирнов, А.Л. Клейн. – М.: Металлургия, 1987. – 168 с.

4. Металлургия стали / В.И. Явойский, Ю.В. Кряковский, В.П. Григорьев и др. – М.: Металлургия, 1983. – 584 с.

5. Арсентьев П.П. Конвертерный процесс с донным дутьем / П.П. Арсентьев, М.П. Квиейко. – М.: Металлургия, 1983. – 128 с.

УДК 669.187

А.А. Уманский, Н.А. Чернышева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ СЛИТКОВ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

С использованием новой методики численного моделирования теплообменных процессов проведены теоретические исследования динамики изменения температурных полей в промышленных слитках качественной кипящей стали ОАО «ЗСМК». На основании полученных результатов разработана новая технология нагрева слитков с повышенным теплосодержанием, внедрение которой позволило значительно улучшить технико-экономические показатели обжимного цеха ОАО «ЗСМК».

With the help of new modeling method of solidification processes in ingots it was made the theoretical research of temperature changing in ingots of rimming steel «ZSMK». By the results of research it was projected the new technology of ingots heating by the using of which technical and economical characteristics of break-down shop of «ZSMK» was increased.

По способу получения данных методы исследования теплового состояния слитков можно подразделить на две группы:

- 1) Непосредственное измерение температуры;
- 2) Численное моделирование процессов затвердевания слитков.

К недостаткам первой группы методов кроме технической сложности и высокой стоимости можно отнести отсутствие возможности прогнозирования температурных изменений при корректировке продолжительности периодов охлаждения и нагрева слитков. То есть полученные в ходе измерений данные характеризуют изменение теплового состояния слитка только для условий конкретного используемого при проведении эксперимента режима, а в случае изменения режимов возникает необходимость в проведении новых дополнительных экспериментов. Теоретические исследования с использованием математических моделей затвердевания

слитков позволяют решить данную проблему. При этом следует отметить, что создание адекватно отражающих реальный процесс моделей является довольно сложной задачей, поскольку параллельно с теплообменными процессами при кристаллизации слитка имеют место явления иной физической природы (диффузионные, гидродинамические, фильтрационные и т.д.). Кроме того, достаточно сложными являются и сами теплообменные процессы в связи с тем, что они протекают в многокомпонентной, изменяющей по ходу затвердевания слитков свой состав, тепловые и геометрические характеристики системе. Изменение состава находящейся в тепловом взаимодействии системы можно проиллюстрировать следующими этапами. В начале охлаждения слитков в изложницах теплообмен происходит между слитком, изложницей и окружающей средой. Затем, после отхода слитка от стенок изложницы вследствие тепловой усадки (образования газового зазора), теплообмен между слитком и изложницей происходит уже через газовый зазор, то есть появляется дополнительный четвертый компонент системы. После стрипперования слитков теплообмен происходит непосредственно между отливкой и окружающей средой, в качестве которой выступает вначале атмосфера, а затем рабочее пространство нагревательных колодцев.

В настоящее время наибольшее распространение получили три методики численного моделирования тепловых процессов в различных телах: метод конечных разностей, метод элементарных тепловых балансов и метод конечных элементов. Эффективность метода конечных разностей подтверждена множеством исследований, однако существенным недостатком данной методики является значительная погрешность при расчетах для тел сложной формы, что обусловлено использованием при моделировании прямоугольных сеток [1]. Использование метода элементарных тепловых балансов позволяет достаточно точно аппроксимировать граничные условия на поверхностях конусообразных тел за счет применения трапецеидальных сеток, однако при этом значительные погрешности возникают в аппроксимации дифференциального уравнения теплопроводности [2]. Метод конечных элементов, изначально созданный для решения стационарных уравнений упругости, гораздо более эффективен для моделирования процессов в системах сложной геометрической формы по сравнению с методом конеч-

ных разностей [3]. Однако к его недостатку можно отнести повышенную сложность, обусловленную использованием аппарата функционального анализа и матричной алгебры.

С учетом вышеприведенных недостатков существующих методик численного моделирования процессов кристаллизации отливок, на базе разработанного Днепропетровским металлургическим институтом алгоритма разработана методика оценки теплового состояния слитка. Сущность методики заключается в замене пространственных переменных дифференциального уравнения теплопроводности новыми переменными, преобразующими область неправильной формы к единичному прямоугольнику. Такой подход позволяет с одной стороны избежать возникновения характерной для методов конечных разностей значительной погрешности при исследовании тел сложной формы, с другой стороны – является гораздо менее сложной по отношению к методу конечных элементов.

Основные уравнения математической модели сформулированы для уширенного кверху слитка спокойной стали с прибыльной надставкой. Уширенные книзу слитки полуспокойных и кипящих сталей, разлитые в сквозные изложницы, являются частным случаем полученных для спокойного слитка уравнений. Таким образом, модель можно считать универсальной для слитков любых марок.

Тепловой процесс затвердевания слитка в изложнице рассмотрен, как двумерная нестационарная осесимметричная задача теплопроводности. Направление осей координат показано на рисунке 1.

При расчетах учтены следующие моменты:

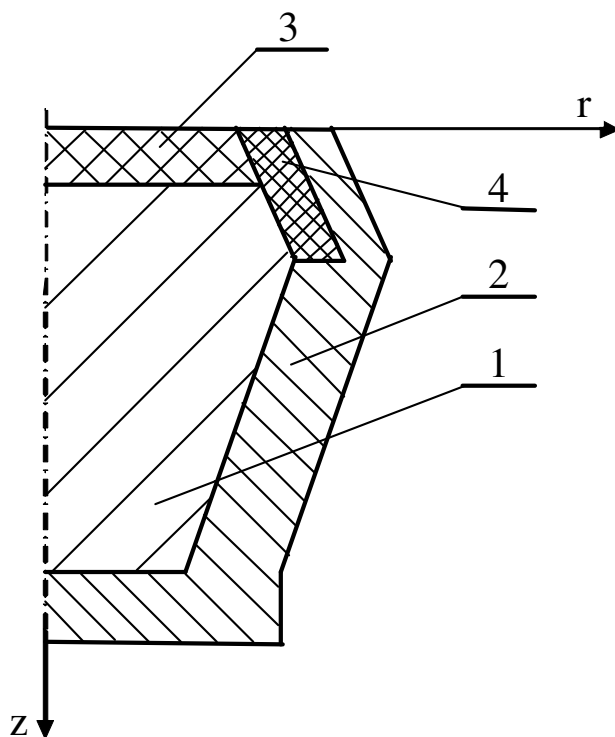
- 1) Внутренняя поверхность изложницы покрыта слоем краски;
- 2) С течением времени между изложницей и слитком образуется газовый зазор переменной толщины.

В первоначальных координатах система дифференциальных уравнений теплопроводности, описывающих температурные поля в слитке, изложнице, плите и утеплителе, выглядит следующим образом:

$$C_v^{(L)}(t^{(L)}) \cdot \frac{\partial t^{(L)}}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial z} (\lambda^{(L)}(t^{(L)}) \cdot \frac{\partial t^{(L)}}{\partial z}) + \frac{1}{r^v} \cdot \frac{\partial}{\partial z} (r^v (\lambda^{(L)}(t^{(L)}) \cdot \frac{\partial t^{(L)}}{\partial z}), \quad (1)$$

где $t(z, r, \tau)$ – текущая температура, $^{\circ}\text{C}$; τ – время процесса; $L = 1, 2, 3, 4$ соответственно для слитка, изложницы плиты и утеплителя; $C_v^{(L)}$ – объемные теплоемкости, Дж/(м³×К); $\lambda^{(L)}$ – коэффициенты теплопроводности соответствующих материалов, Вт/(м×К); ν –

фактор формы (равен 0 для декартовой системы координат и 1 – для цилиндрической системы координат).



1 – слиток; 2 – изложница; 3 – плита; 4 – утеплитель
Рисунок 1 – Общий вид расчетной области до преобразования к правильной форме

Для определения температурного поля исследуемой области к дифференциальному уравнению теплопроводности применяются начальные и граничные условия.

Для определения начальных условий принимаются следующие гипотезы:

- 1) Изложница заполняется металлом мгновенно;
- 2) В момент заливки температура в слитке, изложнице, плите и утеплителе распределена равномерно.

Начальные условия примут вид:

$$t_1(r, z, 0) = t_0^{(1)}, t_2(r, z, 0) = t_0^{(2)}, t_3(r, z, 0) = t_0^{(3)}, t_4(r, z, 0) = t_0^{(4)} \quad (2)$$

Для определения граничных условий предполагается следующее:

- 1) Охлаждение изложницы с внешней стороны происходит в среде с постоянной вдали от поверхности температурой;
- 2) Теплообмен осуществляется радиационно-конвективным способом.

Граничные условия для слитка после снятия изложницы:

$$\frac{\partial t^{(1)}}{\partial \bar{n}} = \alpha_{\Sigma} \cdot (t_{\text{ПОВ}}^{(1)} - t_c) = q_{1-c} \quad (3)$$

Нагрев слитков в нагревательных колодцах условно подразделяется на два периода:

- 1) Период с постоянной тепловой мощностью;
- 2) Период с постоянной температурой нагревающей среды.

Для первого периода нагрева граничное условие примет вид:

$$q_{1-c} = \frac{1}{(1 + \text{Bi}_{\text{ОК}})} \cdot \{ \alpha_p(\tau) \cdot [t_p - t_{\text{ПОВ}}(\tau)] + q_{\text{ОК}}(\tau) \}, \quad (4)$$

где $\text{Bi}_{\text{ОК}}$ – критерий Био, рассчитанный по параметрам окалины; $q_{\text{ОК}}$ – тепловой поток окисления, Вт/м².

Для второго периода нагрева (при постоянной температуре) граничное условие примет вид:

$$q_{1-c} = \frac{1}{(1 + \text{Bi}_{\text{ОК}})} \{ \alpha_{\Sigma} (t_{\text{ПЕЧ.К}} - t_{\text{ПОВ}}^{(1)}) + q(\tau) \}, \quad (5)$$

где $t_{\text{ПЕЧ.К}}$ – контрольная температура печи, °С.

При переходе к прямоугольной области (рисунок 2) проведена замена радиальной и осевой переменной:

$$y = \psi(z) \cdot r + F(z); \quad x = z \cdot \varphi(r) \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение теплопроводности преобразуется к следующему виду:

$$C_v(t) \frac{\partial t(z, y, \tau)}{\partial \tau} = \Lambda_z(t) + \Lambda_{zy}(t) + \Lambda_y(t), \quad (7)$$

где $\Lambda_z(t)$, $\Lambda_{zy}(t)$, $\Lambda_y(t)$ – осевой, смешанный, и радиальный дифференциальные операторы соответственно.

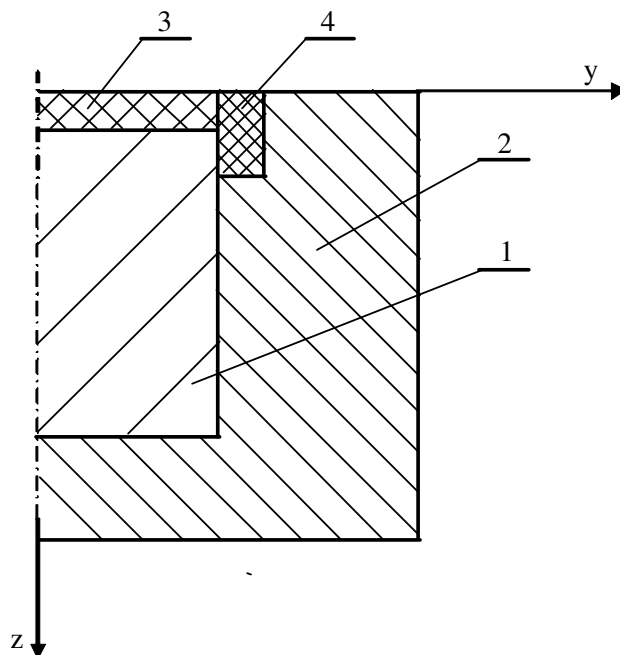
$$\Lambda_z(t) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \right); \quad (8)$$

$$\Lambda_{zy}(t) = \rho_1 \cdot \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right]; \quad (9)$$

$$\Lambda_y(t) = [\psi^2(z) + \rho_1^2] \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \lambda \cdot \left(\rho_{11} + \frac{v \cdot \psi^2}{y - F(z)} \right) \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \quad (10)$$

Начальное условие в новых переменных примет вид:

$$t^{(L)} \left(z, \frac{y - F(z)}{\psi(z)}, 0 \right) = t^{(L)}(z, y) \quad (11)$$



1 – слиток; 2 – изложница; 3 – плита; 4 – утеплитель
Рисунок 2 – Общий вид расчетной области после преобразования к правильной форме

Выражение для производной по нормали, используемое для расчета граничных условий в новых переменных:

$$\frac{\partial t}{\partial \vec{n}} = \frac{\partial t}{\partial r} \cdot \cos(\vec{n}, r) + \frac{\partial t}{\partial z} \cdot \cos(\vec{n}, z) = v \frac{\partial t}{\partial z} + \omega \frac{\partial t}{\partial y} \quad (12)$$

Граничные условия в новых переменных:

$$-\lambda^{(L)} \frac{\partial t^{(L)}}{\partial \vec{n}} / \Gamma_{K_r} = -\lambda^{(L)} (\vartheta_{K_r} \frac{\partial t^{(L)}}{\partial z} + w_{K_r} \frac{\partial t^{(L)}}{\partial y}) = q_{K_r}^{L-c}, \quad (13)$$

где $q_{K_r}^{L-c}$ – удельный тепловой поток от L-того тела к окружающей среде, Вт/м²; $\vartheta_{K_r} = \cos \alpha_{K_r} = \cos(\vec{n}, z)$, $w_{K_r} = \psi(z) \cdot \cos \beta_{K_r} + \rho_1 \cdot \alpha_{K_r}$, α_{K_r} – угол между нормалью и осью oz (в старой системе координат); β_{K_r} – угол между нормалью и осью oy (в старой системе координат).

С использованием разработанной методики численного моделирования в условиях ОАО «ЗСМК» проведены исследования теплообменных процессов при кристаллизации слитков качественной кипящей стали. Рассматривали динамику изменения температуры в четырех точках, соответствующих осевому и поверхностному слоям слитка в тепловом центре (58 % от донной части) и самом холодном месте слитка (10 % от донной части).

По полученным данным действующие нормативы продолжительности нагрева слитков под прокатку являются существенно за-

вышенными. Для режимов охлаждения, соответствующих минимальной и максимальной длительности охлаждения, нормативная продолжительность нагрева составляет 5 ч 10 мин. и 5 ч 15 мин. соответственно. При этом продолжительность нагрева слитков равная 2 ч 05 мин. - 2 ч 30 мин. обеспечивает достаточный для их дальнейшей деформации нагрев и при этом позволяет избежать выдачи в прокатку слитков с жидкой фазой (рисунки 3, 4).

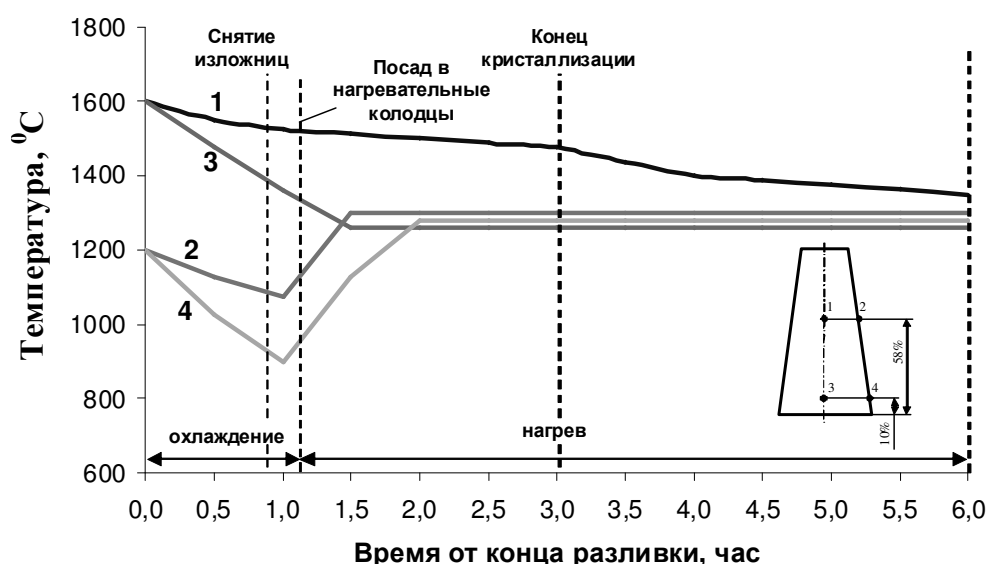


Рисунок 3 – Динамика изменения температуры различных зон слитка при минимальном времени охлаждения слитка

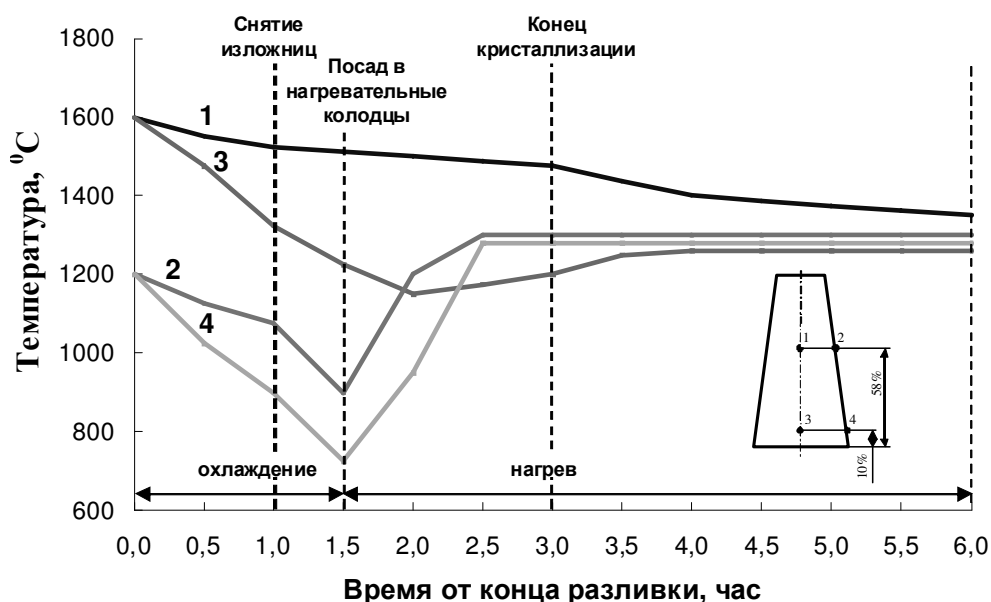


Рисунок 4 – Динамика изменения температуры различных зон слитка при максимальном времени охлаждения слитка

На основании проведенных исследований разработана, прошла опытно-промышленное опробование и внедрена новая техно-

логия нагрева слитков качественных кипящих сталей с повышенным теплосодержанием [4]. Разработанные режимы нагрева включают в себя периоды с подачей и без подачи топлива (таблица).

Таблица – Продолжительность нагрева слитков качественной кипящей стали в зависимости от температуры посада

Время охлаждения слитков, час-мин	1-10	1-15	1-20	1-25	1-30	1-35	1-40	1-45	1-50
Температура посада слитков, °С	930	925	920	915	910	905	900	895	885
Общая продолжительность нагрева, час-мин	3-25	3-20	3-05	3-00	2-50	3-00	3-15	3-30	3-50
Продолжительность режима без подачи топлива	0-35	0-30	0-25	0-20	-	-	-	-	-

Использование новой технологии нагрева слитков качественной кипящей стали позволило значительно улучшить технико-экономические показатели работы обжимного цеха ОАО «ЗСМК»: расход топлива на нагрев слитков снизился на 6 кг у.т./т, отбраковка произведенных из слитков заготовок по дефектам поверхности уменьшилась на 4 абс. %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитенко Н.И. Исследование нестационарных процессов тепло- и массообмена методом сеток / Н.И. Никитенко Киев: Наукова Думка, 1971. – 268 с.
2. Горбунов А.Д. Расчет процессов теплопроводности в телах сложной формы / А.Д. Горбунов // Черная металлургия. Изв. вузов. 1985. №10. С. 114 – 119.
3. Шабров Н.Н. Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей / Н.Н. Шабров – Л.: Машиностроение, 1983. – 212 с.
4. Кузнецов И.С. Разработка оптимальной технологии нагрева слитков кипящих сталей / И.С. Кузнецов, А.Е. Прахов, В.А. Антонов, А.А. Уманский // Сталь. 2006. №3. С. 46, 47.

УДК 621.746

В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.А. Цецорина,
Е.С. Архипова, А.В. Слободчиков

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ DELPHI ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВОВ

В работе с помощью среды визуального программирования Delphi проведен расчет параметров кристаллизации литейных сплавов, обработанных различными внешними модифицирующими воздействиями.

Calculation of the crystallization parameters of casting alloys which are treated with the different external modifying influences are shown in the article. Calculation is made in the visual programming environment Delphi.

Качество литейных сплавов определяется их структурой, от которой, в свою очередь, зависит уровень механических, технологических и эксплуатационных свойств.

В настоящее время в промышленных технологиях литья металлов и сплавов получают распространение способы внешних воздействий на расплавы (ультразвук, вибрация, высокотемпературный перегрев, электрический ток, магнитное поле и др.). Данные воздействия способствуют получению мелкозернистой структуры и повышенным механическим и эксплуатационным свойствам отливок без введения специальных модифицирующих добавок. Основное достоинство внешних воздействий заключается в том, что они не меняют химический состав расплава и не приводят к накоплению нежелательных примесей в литейных сплавах при дальнейших переплавах.

Влияние внешних воздействий на расплав можно интерпретировать с позиции кластерной модели, представленной в работе [1, 2]. Данная математическая модель является универсальной и позволяет прогнозировать основные параметры кристаллизации расплавов (критический размер зародыша и количество зародышей в

единице объема расплава) после обработки различными внешними воздействиями.

На основе модели было разработано программное приложение «Расчет параметров кристаллизации расплава после обработки внешними воздействиями» [3] в среде визуального программирования Delphi 2007. Окно приложения представлено на рисунке.

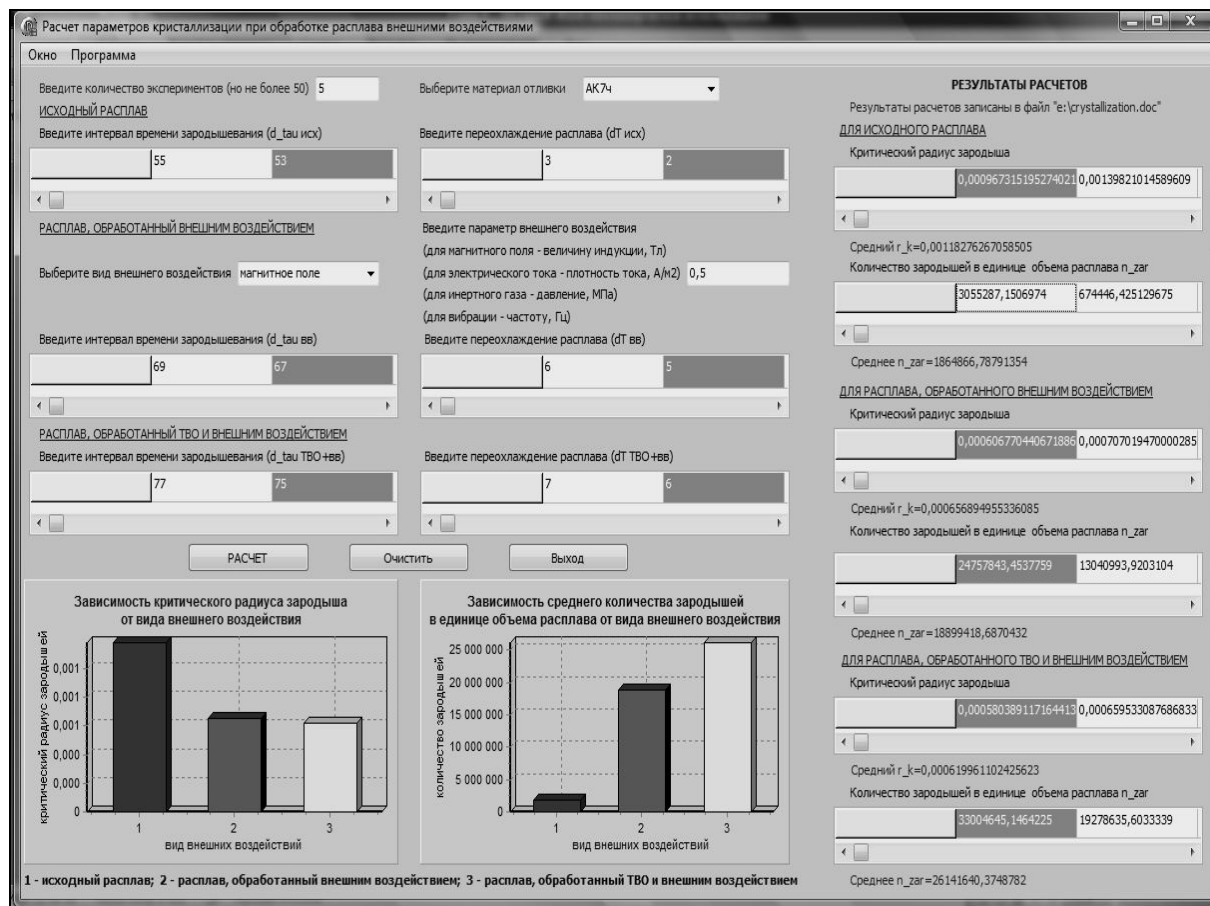


Рисунок – Окно программного приложения «Расчет параметров кристаллизации расплава после обработки внешними воздействиями»

Программа позволяет рассчитать критический радиус зародышей, количество зародышей в единице объема расплава в зависимости от экспериментально определенных переохлаждения расплава и интервала времени зародышеобразования. Данное программное приложение учитывает возможность одновременного расчета параметров для исходного расплава; расплава, обработанного внешним воздействием (магнитным полем, электрическим током, вибрацией, инертным газом); расплава с комплексной технологией обработки, а также сравнение этих расчетов с помощью гистограмм.

Расчеты можно проводить для следующих сплавов: углеродистой стали, чугуна, алюминиевых сплавов различных составов. Справочные данные по теплофизическим свойствам, необходимым для расчетов, заложены в базу данных программы. Базу при необходимости можно дополнять. Полученные результаты записываются в файл программы Microsoft Word на жестком диске компьютера.

В таблице представлены результаты расчетов с помощью программного приложения для сплава АК7ч, полученного из различной шихты. В качестве внешних воздействий применяли термовременную обработку (ТВО) [4], магнитное поле при заливке [5], электрический ток при кристаллизации [6], а также их сочетания.

При расчете параметров кристаллизации учитывались экспериментальные значения переохлаждения расплава и интервала времени зародышеобразования, выявленные по кривым охлаждения.

Таблица – Результаты расчетов параметров кристаллизации для сплава АК7ч с помощью программного приложения «Расчет параметров кристаллизации расплава после обработки внешними воздействиями»

Состав шихты	Способ обработки расплава	Критический радиус зародыша r_K , м	Количество зародышей в единице объема расплава n_0 , M^{-3}
АК7ч (чушковые материалы)	Исходный (без обработки)	$0,9253 \cdot 10^{-7}$	$0,1083 \cdot 10^{14}$
	ТВО	$0,3322 \cdot 10^{-7}$	$0,3071 \cdot 10^{14}$
	Магнитное поле	$0,4056 \cdot 10^{-7}$	$0,2453 \cdot 10^{14}$
	ТВО + магнитное поле	$0,2098 \cdot 10^{-7}$	$0,4669 \cdot 10^{14}$
	Электрический ток	$0,4815 \cdot 10^{-7}$	$0,2173 \cdot 10^{14}$
	ТВО + электрический ток	$0,3071 \cdot 10^{-7}$	$0,3291 \cdot 10^{14}$
АК7ч (50 % чушковых материалов + 50 % лома и отходов)	Исходный (без обработки)	$0,9706 \cdot 10^{-7}$	$0,1029 \cdot 10^{14}$
	ТВО	$0,3689 \cdot 10^{-7}$	$0,2688 \cdot 10^{14}$
	Магнитное поле	$0,4588 \cdot 10^{-7}$	$0,2114 \cdot 10^{14}$
	ТВО + магнитное поле	$0,2271 \cdot 10^{-7}$	$0,4043 \cdot 10^{14}$
	Электрический ток	$0,5058 \cdot 10^{-7}$	$0,2011 \cdot 10^{14}$
	ТВО + электрический ток	$0,3100 \cdot 10^{-7}$	$0,3196 \cdot 10^{14}$
АК7ч (100 % лома и отходов)	Исходный (без обработки)	$0,9997 \cdot 10^{-7}$	$0,1005 \cdot 10^{14}$
	ТВО	$0,4234 \cdot 10^{-7}$	$0,2095 \cdot 10^{14}$
	Магнитное поле	$0,4979 \cdot 10^{-7}$	$0,2096 \cdot 10^{14}$
	ТВО + магнитное поле	$0,2658 \cdot 10^{-7}$	$0,3854 \cdot 10^{14}$
	Электрический ток	$0,5431 \cdot 10^{-7}$	$0,1842 \cdot 10^{14}$
	ТВО + электрический ток	$0,3239 \cdot 10^{-7}$	$0,3087 \cdot 10^{14}$

Из данных таблицы следует, что обработка расплавов внешними воздействиями приводит к уменьшению критического радиуса зародышей и увеличению времени зародышеобразования. В результате в сплаве формируется мелкозернистая структура. Следует отметить, что внешние воздействия оказали большой эффект на сплав из шихты с повышенным содержанием вторичного сырья.

Таким образом, разработанное программное приложение позволяет производить расчет основных параметров кристаллизации расплава (в зависимости от вида внешнего воздействия) для черных и цветных литейных сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деев В.Б. Об уточнении кластерной модели металлических расплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.А. Цецорина // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 8. С. 66, 67.
2. Прогнозирование процесса кристаллизации металлических расплавов для повышения качества литья / Деев В.Б., Селянин И.Ф., Цецорина С.А., Дмитровская О.Е. // Вестник горно-металлургической секции РАЕН: сборник научных трудов. Вып. 25 – Москва-Новокузнецк: ГОУ ВПО «СибГИУ», 2010. – С. 33 – 37.
3. Свидетельство РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2009613765. Расчет параметров кристаллизации расплава после обработки внешними воздействиями / В.Б. Деев, С.А. Цецорина, И.Ф. Селянин // Заявка № 2009612649. Приоритет 14 июля 2009 г.
4. Цецорина С.А. Исследование влияния магнитного поля на свойства литейных алюминиевых сплавов и разработка ресурсосберегающей технологии их получения. Автор-т дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. 19 с.
5. Деев В.Б. Модифицирующая обработка сплавов магнитным полем / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, О.И. Нохрина и др. // Литейщик России. 2008. № 3. С. 23 – 25.
6. Башмакова Н.В. Исследование влияния электрического тока на свойства алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа. Автор-т дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. 18 с.

УДК 621.746

В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.А. Цецорина,
Е.С. Архипова, А.В. Слободчиков

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный
университет», г. Новокузнецк

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ

В работе предложена методика оценки эффективности различных внешних воздействий на литейные сплавы в процессе их приготовления. В основу методики положено определение доли твердой фазы и времени затвердевания сплавов, рассчитанных в среде визуального программирования Delphi.

Estimating method of the effectiveness of different external influences on the casting alloys during its preparation is shown in the article. Definition of fraction of the hard phase and alloys consolidation time which are calculated in the visual programming environment Delphi lays on the base of the method.

При производстве литых изделий с требуемым уровнем свойств большую роль играет выбор технологии плавки сплавов, их обработка в жидком состоянии. Для выявления наиболее оптимальной технологии обработки сплавов актуальным является создание методики, позволяющей оценить эффективность различных технологий. Особенное значение данная методика может иметь при использовании внешних модифицирующих воздействий на расплавы при получении литейных сплавов.

В основу методики положено определение параметров кристаллизации сплавов, связанных с жидкотекучестью. Жидкотекучесть литейных сплавов является важнейшим свойством, определяющим получение отливок заданного качества. Величина жидкотекучести зависит от количества твердой фазы, выпадающей вблизи температуры солидус. При определенном содержании твердой фазы расплав перестает течь. Поэтому знание количества твердой фазы, а также полного времени затвердевания сплава имеет существенное значение в процессах производства отливок. Для опреде-

ления доли твердой фазы, выпадающей вблизи температуры солидус при кристаллизации расплава, и полного времени затвердевания было разработано программное приложение «Расчет доли твердой фазы и времени затвердевания сплава» в среде визуального программирования Delphi 2007. Окно приложения представлено на рисунке.

Рисунок – Окно программного приложения «Расчет доли твердой фазы и времени затвердевания сплава»

Расчеты можно проводить для следующих сплавов: углеродистой стали, чугуна, алюминиевых сплавов различных составов. Справочные данные по теплофизическим свойствам, необходимым для расчетов, заложены в базу данных программы. Базу при необходимости можно дополнять.

Результаты расчетов с помощью программного приложения для сплава АК7ч, состоящего из 10...15 % чушковых материалов и 85...90 % низкосортной шихты и обработанного различными внешними воздействиями, представлены в таблице. Было выявлено, что между экспериментальными и расчетными данными наблюдается хорошая сопоставимость.

Таблица – Результаты расчетов для сплава АК7ч с помощью программного приложения «Расчет доли твердой фазы и времени затвердевания сплава»

Вариант	Технология обработки расплава	Параметры кристаллизации (приведенный размер цилиндрической отливки 0,006 м)			
		Полное время затвердевания, с		Доля твердой фазы	
		эксперимент (термический анализ)	расчет	эксперимент (дифференциально-термический анализ)	расчет
1	Исходный расплав (без обработки)	53	57	0,32	0,33
2	ТВО [1]	67	65	0,38	0,41
3	Магнитное поле [2]	64	60	0,37	0,41
4	ТВО + магнитное поле [1]	73	77	0,40	0,44
5	Вибрация в вертикальной плоскости [3]	58	63	0,34	0,36
6	ТВО + вибрация [4]	63	61	0,36	0,38
7	Электрический ток [5]	61	64	0,36	-
8	ТВО + электрический ток [6]	69	66	0,41	-
9	Инертный газ [4]	59	62	0,36	0,40
10	ТВО + инертный газ [4]	66	63	0,39	0,42

Данные таблицы свидетельствуют о том, что внешние воздействия оказывают влияние на параметры кристаллизации расплава (полное время затвердевания и доля твердой фазы, выпадающей вблизи температуры солидус, увеличиваются), способствуя измельчению его структуры. Расплав после обработки внешними воздействиями способен течь при большей доле образующейся

твердой фазы. Результаты исследования жидкотекучести сплавов подтвердили это.

Таким образом, использование разработанного программного приложения позволяет оценивать эффективность различных внешних воздействий на расплавы. Его можно рекомендовать для прогнозирования качества отливок в промышленных технологиях литья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цецорина С.А. Исследование влияния магнитного поля на свойства литейных алюминиевых сплавов и разработка ресурсосберегающей технологии их получения. Автор-т дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. 19 с.

2. Деев В.Б. Модифицирующая обработка сплавов магнитным полем / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, О.И. Нохрина и др. // Литейщик России. 2008. № 3. С. 23 – 25.

3. Морин С.В. Комплексное исследование вибрационного воздействия на кристаллизацию и свойства отливок из алюминиевых сплавов. Автор-т дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005. 22 с.

4. Деев В.Б. Получение герметичных алюминиевых сплавов из вторичных материалов / В.Б. Деев // Монография. – М.: Флинта: Наука, 2006. – 218 с.

5. Башмакова Н.В. Исследование влияния электрического тока на свойства алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа. Автор-т дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. 18 с.

6. Деев В.Б. Влияние температурной обработки и электрического тока на свойства алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, Н.В. Башмакова и др. // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 4. С. 50 – 53.

УДК 621.746.552.669.14(043)

Н.И. Таран, В.Я. Климов, В.П. Антонов, Н.И. Швидков

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

РАСЧЁТ КОНУСНОСТИ ОТЛИВОК, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ МИНИМАЛЬНУЮ ГЛУБИНУ ЗАЛЕГАНИЯ УСАДОЧНОЙ РАКОВИНЫ

В работе предложен метод расчёта оптимального конуса питания стенки отливки высотой до 300 мм.

The calculation method of efficient feeding cone for wall casting having high size up to 300 mm are proposed in the article.

Устранение усадочных раковин остаётся актуальной задачей при получении фасонного литья. Основными методами борьбы с усадочными раковинами являются соблюдение условий направленного затвердевания металла в литейной форме и установка прибылей, затвердевающих в последнюю очередь и питающих жидким металлом усадочные полости отливки.

В настоящее время при проектировании отливок и литейных форм используются весьма упрощённые способы определения конфигурации фронта кристаллизации и расположения термического узла. В частности, рекомендуется графическое построение изосолид, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга [1], или рассмотрение диаметров шаров или окружностей, вписанных в различные сечения отливки [2]. Это означает, что теплосодержание металла в рассматриваем сечении должно возрастать снизу вверх, что возможно при увеличении толщины стенки отливки. Однако, несмотря на попытки использовать для анализа гидравлических, тепловых, кристаллизационных, диффузионных и усадочных явлений при формировании отливок современных методов исследований, в том числе компьютерного моделирования и системного анализа [3,4,5,6,7], вопрос о количественном увеличении толщины стенки отливки остаётся открытым.

Например, для вывода усадочной раковины (УР) в удаляемую часть (прибыль, прибыльную надставку слитка спокойной стали)

разливку производят в расширенные кверху изложницы, в которых затвердевающий слиток имеет положительную конусность

$$K = \frac{d_g}{d_n} \geq 1,2 \quad (1)$$

где d_g и d_n – толщина слитка в верхней и нижней части.

При такой конусности изложницы независимо от способа разливки (сверху или снизу) УР в теле слитка, как правило, отсутствует [6].

При разливке спокойной стали в расширенные книзу изложницы, имеющие отрицательную конусность ($K = 0.965 \dots 0.967$), на расстоянии примерно $1/3$ высоты слитка от дна в его теле имеется концентрированная УР [1,3], поскольку в этом случае форма слитка не может обеспечить направленность затвердевания.

На основании анализа литературных данных [1 – 8 и др.] по изучению времени затвердевания и характера расположения УР на многочисленных отливках было замечено, что практически любую отливку при любом способе заливки можно получить без усадочных дефектов, если её геометрические размеры соответствуют соотношению

$$K = \frac{d_g}{d_n} = (1,26 - 0,02d_n)^{\frac{H}{C}} \quad (2)$$

В этом выражении для вертикальных участков стенки отливки: d_g – толщина стенки в верхней части, соединённой с прибылью или стенкой большей толщины, см; d_n – толщина стенки в нижней части, см; H – высота участка, см; для горизонтальных участков стенки отливки: d_g – толщина участка стенки у прибыли или места соединения с вертикальным участком, толщина которого превышает d_g , см; d_n – толщина участка стенки на расстоянии H см от прибыли, см; C – коэффициент, характеризующий размеры отливки, см.

Уравнение (2) применимо для значений $H \leq 30$ см и $d_n \leq 10$ см и значений C , представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Значение коэффициента C

d_n , см	до 2,5	2,5 ÷ 5,0	5,0 ÷ 10,0
C , см	5,0	10,0	15,0

С целью проверки пригодности уравнения (2) проведены следующие эксперименты.

В сырые песчаноглинистые формы отливали круглые отливки высотой 30 см с диаметром внизу 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 7,5 см. Размер верхнего сечения указан в таблице 2.

Таблица 2 – Размеры экспериментальных отливок

№	d_n , см	d_g , см	$K_{\text{опт}} = \left(\frac{d_g}{d_n}\right)_{\text{опт}}$	C, см
1	1,5	1,5; 2,5; 5,0; 6,0	3,33	5,18
2	2,5	2,5; 5,0; 6,0; 7,0	2,4	6,53
3	4,0	4,0; 6,0; 8,0; 10,0	2,0	7,16
4	6,0	6,0; 8,0; 9,0; 10,0	1,5	9,69
5	7,5	7,5; 8,5; 9,5; 10,0	1,27	13,09

Готовые слитки протрагивали вдоль оси. На рисунке приведены фотографии продольных разрезов слитков, имеющих $d_n = 1,5$ см и разную конусность (К), которая для размеров $d_g = 1,5; 2,5; 5,0; 6,0$ соответственно равна $K = 1,0; 1,67; 3,33; 4,0$. Как видно из рисунка, по мере увеличения конусности глубина залегания усадочной раковины уменьшается и при увеличении конусности сверх оптимальной величины глубина залегания усадочной раковины вновь увеличивается за счёт того, что резко смещается вниз тепловой узел отливки. Для данного примера наименьшая глубина залегания УР получается при оптимальной конусности $K_{\text{опт.}} = 5,0/1,5 = 3,33$.

Логарифмируя уравнение (2) получаем уравнение

$$\ln 3,33 = \frac{H}{C} \ln (1,26 - 0,02 \cdot 1,5) \quad (3)$$

Решая которое, находим $C = 5,18$, что не противоречит данным таблицы 1.

Определение конусности и коэффициента C для других отливок толщиной $d_n = 2,5; 4,0; 6,0; 7,5$ представлены в таблице 2, что соответствует данным таблицы 1.

Расчётное значение конусности по данным формулы (2) для отливок $d_n = 1,5$ см равно: $K = (1,26 - 0,02 \cdot 1,5)^{\frac{30}{5}} = 3,47$, тогда $d_g = 1,5 \cdot 3,47 = 5,2$ см.

Таким образом, проведённые эксперименты показали справедливость уравнения [2], полученного в результате обработки литературных данных.



Рисунок – Влияние конусности отливки на глубину усадочной раковины (диаметр внизу 15 мм)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник литейщика. /под общ. ред. проф. Н.Н.Рубцова – М.: Машгиз, 1962. – 524 с.
2. Пржибл И. Теория литейных процессов. Пер. с чешск. М.: «Мир», 1967. – 327 с.
3. Вейник А.И. Расчёт отливки. – М.: – Машиностроение, 1964. – 436 с.
4. Голод В.М., Тихомиров М.Д., Сибиров Д.Х. Системный анализ процесса формирования отливки (прикладные аспекты) // Сб. ЦНИИ материалов, 1995, №1.
5. Голод В.М., Горн Э.П. и др. Разработка технологического процесса изготовления крупных стальных отливок ответственного назначения в «ОМЗ – Спецсталь» с применением численного моделирования литейной технологии.// Литейное производство сегодня и завтра. СПб.СПбГТУ. 2003.
6. Гуляев Б.Б. Литейные процессы. М. – Л.: Машгиз, 1960. – 416 с.
7. Нехендзи Ю.А. Стальное литьё. – М.: Металлургиздат, 1949. – 707 с.
8. Василевский П.Ф. Технология стального литья. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.

УДК 669.71

М.Я. Минцис, Г.В. Галевский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

РАСЧЕТ МАССЫ ЭЛЕКТРОЛИТА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Описана методика расчета массы электролита алюминиевого электролизера, основанная на определении его удельной массы, необходимой для растворения глинозема в заданных условиях и учитывающая способ введения глинозема в электролит.

The design procedure of weight of electrolyte in aluminum cell is described.

В настоящее время для отечественных заводов, производящих первичный алюминий, характерно наличие устаревшего парка электролизеров с анодом Содерберга, нуждающихся в долгосрочной перспективе в замене на мощные электролизеры с обожженными анодами, а в краткосрочной – требующих модернизации с целью улучшения технико-экономических и экологических показателей [1 – 4]. Для такого сложного электротермического оборудования, как алюминиевый электролизер, необходима комплексная оценка последствий модернизации, что выполняется далеко не всегда. Так, в последние годы на предприятиях отрасли успешно внедрялись системы автоматического питания электролита глиноземом (АПГ). На КРАЗе, например, практически все корпуса, оснащенные электролизерами с анодом Содерберга, оборудованы этими системами. Внедрение систем АПГ, особенно в сочетании с централизованной автоматизированной раздачей глинозема по электролизерам, является практически единственным возможным фактором увеличения производительности труда на заводах России, которая в настоящее время в 3-5 раз ниже, чем на передовых зарубежных предприятиях. Но при внедрении систем АПГ конструкция электролизера не претерпела заметных изменений, хотя совершенно очевидно, что в этом случае объем электро-

лита может быть существенно уменьшен и, следовательно, можно прогнозировать значительное снижение выбросов фтора в атмосферу. Это свидетельствует о необходимости разработки и применении методики определения необходимого количества электролита в зависимости от способа введения в него глинозема. Ниже приведен авторский вариант подобной методики, основанной на определении удельной массы электролита, необходимого для растворения глинозема в заданных условиях.

Количество растворенного в электролите глинозема определяется продолжительностью работы электролизера без опасности возникновения анодного эффекта. Очевидно, что при поточной обработке электролизеров объем электролита в шахте должен быть больше, чем при оснащении электролизера системой АПГ. Схема шахты электролизера, используемая для расчета массы электролита в шахте, приведена на рисунке.

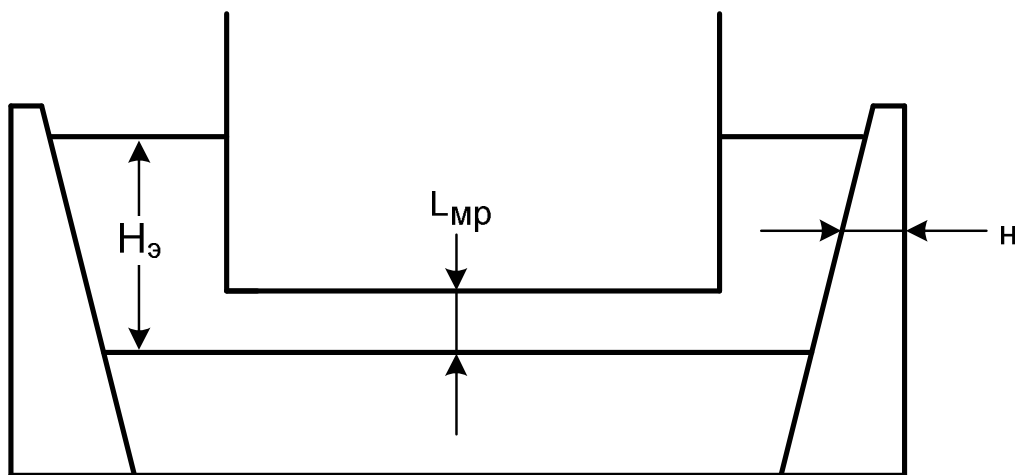


Рисунок – Схема шахты электролизера

Объем электролита $V_э$ (дм³) в шахте ванны определяется выражением:

$$V_э = (S_p \cdot H_э) - S_a \cdot (H_э - L_{мп}), \quad (1)$$

где S_p – поверхность расплава, дм²; $H_э$ – высота столба электролита над металлом, дм; S_a – площадь анода, дм²; $L_{мп}$ – междуэлектродное расстояние, дм.

Площадь расплава S_p с учетом средней толщины бортовой настилы $н$ (дм), определяется следующим выражением:

$$S_p = (L_n - 2n) \cdot (B_n - 2n), \quad (2)$$

где L_n и B_n – длина и ширина подины, дм.

Площадь анода S_a (дм²) определяется выражением:
для электролизеров Содерберга

$$S_a = L_a \cdot B_a, \quad (3)$$

а для электролизеров с обожженными анодами ОА

$$S_a = n \cdot S_{\bar{\sigma}} = n \cdot L_{\bar{\sigma}} \cdot B_{\bar{\sigma}}, \quad (4)$$

где L_a , B_a – длина и ширина анода соответственно, дм; n – количество анодных блоков, шт; $S_{\bar{\sigma}}$ – площадь анодного блока дм²; $L_{\bar{\sigma}}$, $B_{\bar{\sigma}}$ – длина и ширина анодного блока соответственно, дм.

Масса электролита $M_{\text{э}}$ (кг) в шахте равна произведению его объема $V_{\text{э}}$ (дм³) на плотность электролита $d_{\text{э}}$, которая составляет около 2,08 кг/дм³:

$$M_{\text{э}} = V_{\text{э}} \cdot d_{\text{э}}. \quad (5)$$

Для расчетов удобно пользоваться понятием удельной массы электролита $m_{\text{э}}$ (кг/кА), которая равна его массе $M_{\text{э}}$, отнесенной к силе тока I_c (кА):

$$m_{\text{э}} = \frac{M_{\text{э}}}{I_c}. \quad (6)$$

Для определения количества электролита в шахте необходимо знать потребность в глиноземе q_2 (кг/кА·ч) в расчете на 1 кА в течение одного часа. Для этого определим удельную производительность электролизера q_a (кг/кА·ч) за время $t = 1$ ч, при силе тока $I_c = 1$ кА, и выходе по току $\eta = 0,9$:

$$q_a = 0,3354 \cdot I_c \cdot t \cdot \eta = 0,3354 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,30 \text{ кг/кА·ч}$$

Тогда удельная потребность в глиноземе q_2 для производства q_a алюминия составит:

$$q_2 = 1,889 \cdot q_a = 1,889 \cdot 0,30 = 0,567 \text{ кг/кА·ч}$$

Растворимость глинозема в электролите зависит от множества факторов, которые подробно рассмотрены в [5]. При поточной обработке корки максимальное значение концентрации глинозема в электролите $C_{\text{макс}}$ наступает через некоторое время после подачи его в электролит. В процессе электролиза не весь глинозем, растворенный в электролите, расходуется, так как при достижении некоторого критического значения его концентрации $C_{\text{кр}}$ наступает анодный эффект. Во избежание возникновения анодного эффекта необходимо ввести в электролит очередную порцию глинозема в тот момент, когда значение его концентрации будет минимально допустимым $C_{\text{мин}}$, но выше значения $C_{\text{кр}}$. Таким образом, количество глинозема, которое может быть выработано из электролита, зависит от разницы значений:

$$\Delta C = C_{\text{макс}} - C_{\text{мин}}$$

В зависимости от качества глинозема, параметров электролита, анодной плотности тока значение $C_{\text{макс}}$ находится в диапазоне 4 – 6,5 % [5], а $C_{\text{мин}}$ – в диапазоне 2 – 3,5 %. Тогда величина ΔC может составлять 0,5 – 4,5 %. Практически же это значение находится на уровне 3 – 3,5 % (0,03 – 0,035) от массы электролита.

Удельная масса электролита $q_э$, необходимая для растворения $q_г$ глинозема при принятых нами условиях, составит:

$$q_э = \frac{q_г}{\Delta C} = \frac{0,567}{0,03;0,035} = 18,9 - 16,2 \text{ кг/кА}\cdot\text{ч}$$

При поточной 8-кратной обработке корки глинозем подается в расплав приблизительно каждые 3 ч. Следовательно, необходимая удельная масса электролита должна составлять от 46,8 до 56,7 кг/кА·ч.

Разработанная методика определения необходимого количества электролита в зависимости от способа введения в него глинозема позволила проанализировать состояние этого важного параметра на электролизерах различных типов. Сравнение электролизеров С-8БМ (КРАЗ) и РА-300 (ХАЗ), на которых установлены системы АПГ, показал, что фактическая удельная масса электролита (кг/кА) на электролизерах КРАЗа почти в 1,5 раза больше, чем

на электролизерах ХАЗа [6]. Следовательно, с внедрением системы АПГ при очередном капитальном ремонте электролизера можно уменьшить габариты катодного устройства, сократив потребность в материалах и снизив затраты на капитальный ремонт. Как показывает анализ, снижение объема электролита в шахте влечет за собой снижение выбросов фтора в атмосферу; расход AlF_3 на электролизерах ХАЗа составляет не более 18, а на электролизерах КРАЗа – около 40 кг/т Al.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галевский Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия. 2-е изд. / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис. – М. : Флинта : Наука, 2005. – 268 с.
2. Галевский Г.В. Metallургия алюминия. Электролизеры с анодом Содерберга и их модернизация / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 238 с.
3. Бузунов В.Ю. Технические аспекты экологической безопасности алюминиевого производства / В.Ю. Бузунов, Б.П. Куликов // ТЭВ РУ-САЛа. – 2005. – № 11. – С. 5 – 14.
4. Технологические и экономические аспекты модернизации электролизеров с анодом Содерберга: материалы междунар. конф. «Алюминий Сибири – 2007». – Красноярск : [б.и.], 2007. – 29 с.
5. Исаева Л.А. Глинозем в производстве алюминия электролизом / Л.А. Исаева, П.В. Поляков. – Краснотурьинск : Издат. дом «БАЗ», 2000. – 198 с.
6. Электролизеры РА-300. Причины успеха / Информ. бюлл. № 1 (7). – СПб. : Сибирский алюминий, 2000. – С. 11 – 17.

УДК 536.24: 669.046

А.Д. Горбунов*, М.В. Темлянцев

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

*Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОГРАНИЧЕНИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ФОРСИРОВАННЫХ НАГРЕВАХ СТАЛЬНЫХ ТЕЛ

В статье представлены результаты разработки инженерной методики аналитического расчета допустимой температуры греющей среды при тепловой обработке плоских, цилиндрических или шаровых тел с учетом разрушающих термических напряжений.

In the article the outcomes of development of an engineering technique of analytical calculation of allowed temperature of environment are shown at thermal processing of flat, cylindrical or spherical skew fields with allowance for of desroying thermal stresses.

Постановка проблемы и анализ публикаций

В работах [1 – 4] приведены номограммы В.С. Старикова для определения допустимой температуры греющей среды при форсированном нагреве слябов в виде неограниченной пластины, цилиндра или шара. Такие номограммы многофункциональны, поскольку позволяют определить время достижения максимального перепада температур по сечению тела и самое главное, наибольшую температуру печной среды при тепловой обработке тел с учетом допустимых и разрушающих термических напряжений.

Расчеты на ЭВМ процессов нагрева тел затруднены необходимостью использования графиков назначении режимов нагрева. Целью данной работы является аналитическое определение ограничений на технологические параметры.

Изложение материалов исследования

При выводе расчетных соотношений будем следовать методике, изложенной в работах [5, 6]. Сначала подробно покажем ход расчета нагрева плоских тел.

Неограниченная пластина. В случае конвективного нагрева пластины в печи с постоянной температурой греющей среды t_c относительные температуры определяются соотношениями:

$$\text{на поверхности } \theta_{\text{п}}(\text{Fo}) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(\mu_n) \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot \text{Fo}}, \quad (1)$$

$$\text{в центре } \theta_{\text{ц}}(\text{Fo}) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n(\mu_n) \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot \text{Fo}}, \quad (2)$$

$$\text{и среднемассовая } \theta_{\text{ср}}(\text{Fo}) = \sum_{n=1}^{\infty} M_n(\mu_n) \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot \text{Fo}}, \quad (3)$$

где $\theta(\text{Fo}) = (t(\tau) - t_c) / \Delta t_0$; $\Delta t_0 = t_0 - t_c$; t_0 – начальная температура тела, °С; $\text{Fo} = a\tau / R_0^2$; $\text{Bi} = \alpha R_0 / \lambda$ – число Био; $P_n(\mu_n) = 2\text{Bi} / [\text{Bi}(\text{Bi} + 1) + \mu_n^2]$ – тепловая амплитуда; $A_n(\mu_n) = P_n(\mu_n) / \cos \mu_n$; μ_n – собственные числа, определяемые уравнением:

$$\text{ctg} \mu_n = \mu_n / \text{Bi}. \quad (4)$$

Вычитая из первого уравнения (1) второе, получим относительный перепад температур

$$\Delta\theta(\text{Fo}) = \sum_{n=1}^{\infty} E_n(\mu_n) \cdot e^{-\mu_n^2 \text{Fo}}, \quad (5)$$

где $E_n(\mu_n) = P_n(\mu_n) - A_n(\mu_n)$.

Зависимость перепада температур $\Delta\theta$ от времени носит колоколообразный характер с максимумом в точке $\text{Fo} = \text{Fo}_{\text{max}}$. Дифференцируя уравнение (5) по времени, приравнявая производную нулю и используя два члена суммы ряда, получим формулу для расчета максимального времени:

$$\text{Fo}_{\text{max}} = \frac{1}{a} \ln \frac{1}{b}, \quad (6)$$

где $a = \mu_2^2 - \mu_1^2$; $b = -\delta E_1(\mu_1) / E_2(\mu_2)$; $\delta = (\mu_1 / \mu_2)^2$.

Подставляя Fo_{max} в уравнение (5), получим максимальный перепад температур с учетом двух членов ряда:

$$\Delta\theta_m = E_1 e^{-\mu_1^2 \text{Fo}_{\text{max}}} \left(1 + E_1 / E_2 \cdot e^{-a \text{Fo}_{\text{max}}} \right) = (1 - \delta) E_1(\mu_1) e^{-\mu_1^2 \text{Fo}_{\text{max}}}. \quad (7)$$

При выводе (7) было учтено, что согласно уравнению (6): $\exp(-a \text{Fo}_{\text{max}}) = b$.

Если из технологических соображений известна допустимая в процессе нагрева разность температур $\Delta t_{\text{доп}}$ между поверхностью и центром тела, то из уравнения (7) можно найти сначала максимальную начальную разность температур

$$\Delta t_0 = \Delta t_{\text{доп}} / \Delta \theta_m, \quad (8)$$

а затем максимальную допустимую температуру греющей среды

$$t_{\text{с.доп}} = t_0 - \Delta t_0. \quad (9)$$

Наибольшую и основную трудность при практических расчетах по уравнениям (1)...(7) представляет определение по соотношению (4) бесчисленного множества корней. В работе [7] приведена общая формула для расчета первого корня для тел простой формы

$$\mu_1 = \sqrt{D/\gamma}, \quad (10)$$

где $D = k\text{Bi}/m$; $m = 1 + \text{Bi}/(k + 2)$ – коэффициент термической массивности; $\gamma = (1 + \sqrt{1 + 4\rho})/2$; $\rho = D^2/[k(k + 2)^2(k + 4)]$; k – коэффициент геометрической формы, равный 1 – для пластины, 2 – цилиндра и 3 – шара.

Для определения приближенных значений остальных корней следует различать два характерных случая нагрева – при больших и малых числах Био [8].

При малых числах Био ($\text{Bi} < 3$)

$$\mu_n = b_{n-1} + z_n, \quad (11)$$

где $z_n = G_1/\gamma$; $G_1 = \text{Bi}/b_n$; $\rho_1 = G_1^2/D$; $b_n = n \cdot \pi$; $n = 1, 2, 3, \dots$

При больших ($\text{Bi} \geq 3$)

$$\mu_n = a_n - G_2/\gamma \approx a_n(1 - \beta(1 - \beta)), \quad (12)$$

где $G_2 = a_n/(1 + \text{Bi})$; $\rho_2 = G_2^2/3$; γ – см. уравнение (10); $a_n = (2n - 1)\pi/2$; $\beta = 1/\text{Bi}$.

При выводе (12) было учтено, что при малых аргументах $1/(1 + x) \approx 1 - x$.

Неограниченный цилиндр. Для расчета температур на поверхности, в центре и среднемассовой используются уравнения (1)...(3), в которых начальные тепловые амплитуды находятся по следующим формулам:

$$P_n(\mu_n) = 2\text{Bi}/[\text{Bi}(\text{Bi} + 2 - k) + \mu_n^2], \quad (13)$$

$$A_n(\mu_n) = P_n(\mu_n)/J_0(\mu_n), \quad (14)$$

$$M_n(\mu_n) = P_n(\mu_n) \cdot k\text{Bi}/\mu_n^2. \quad (15)$$

Вместо (4) характеристическое уравнение станет

$$J_0(\mu_n)/J_1(\mu_n) = \mu_n/\text{Bi}, \quad (16)$$

где $J(x)$ – функция Бесселя первого рода.

Первый корень уравнения (16) в случае $Bi < 10$ рассчитывается по уравнению (10) при коэффициенте формы $k = 2$. Остальные корни согласно [9] при малых числах Био

$$\mu_n = b_n + z_n, \quad (17)$$

где $z_n = G_3/\gamma$; $G_3 = Bi/b_n$; $\rho_3 = -Bi/2b_n^2$; b_n – корни уравнения (16) при $Bi = 0$, т.е. $J_1(x) = 0$, согласно справочным данным $b_1 = 0$; $b_2 = 3,831706$; $b_3 = 7,015587$ и т.д.

При больших числах Био ($Bi \geq 3$):

$$\mu_n = a_n - z_n \approx a_n(1 - \beta(1 - \beta/2)), \quad (18)$$

где $z_n = G_4/\gamma$; $G_4 = a_n/(1 + Bi)$; $\rho_4 = -Bi/[2(1 + Bi)^2]$; a_n – корни уравнения (16) при $Bi = \infty$, т.е. нули функции $J_0(x) = 0$, а именно: $a_1 = 2,404826$; $a_2 = 5,520078$ и т.д.

Шар. Величины P_n , M_n вычисляются по уравнениям (13), (15) и первый корень по (10) при коэффициенте формы $k = 3$.

$$A_n(\mu_n) = P_n(\mu_n) \cdot \mu_n / \sin \mu_n \quad (19)$$

Вместо (4) характеристическое уравнение будет

$$\operatorname{ctg} \mu_n = B/\mu_n, \quad (20)$$

где $B = 1 - Bi$.

Согласно работе [10] корни уравнения (20) соответственно при малых числах Био по формуле (17) в которой $z_n = G_5/\gamma$; $G_5 = B/b_n$; $\rho_5 = B(2 + Bi)/(3b_n^2)$; $b_n = (2n - 1) \cdot \pi/2$.

При больших числах Био

$$\mu_n = a_n - z_n \approx a_n(1 - \beta(1 - \beta/3)), \quad (21)$$

где $z_n = G_6/\gamma$; $G_6 = a_n/Bi$; $\rho_6 = G_6^2/3$; $a_n = n \cdot \pi$.

Приведем пример аналитического решения процесса нагрева шаров при $Bi = 1$. Согласно уравнению (10) при коэффициенте геометрической формы $k = 3$ для шара получим: $m = 1 + 1/5 = 1,2$; $D = 3/1,2 = 2,5$; $\rho = D^2/525 = 2,5^2/525 = 0,019$; $\gamma \approx 1 + \rho = 1,019$ и окончательно первый корень $\mu_1 = \sqrt{2,5/1,019} = 1,5718$. Более точно первый корень можно также получить из (17) $\mu_1 = b_1 = \pi/2 = 1,5708$. Второй корень по формуле (17) при $B = 1 - Bi = 0$ $\mu_2 = b_2 = 3 \cdot \pi/2 = 3 \cdot b_1$. Отношения корней $\delta = (\mu_1/\mu_2)^2 = (1/3)^2 = 1/9$. Величины $a = \mu_2^2(1 - \delta) = 9\pi^2/4 \cdot (1 - 1/9) = 2\pi^2 = 19,739$. P_1 согласно (13) $P_1 = 2/\mu_1^2 = 8/\pi^2$; $P_2 = 2/\mu_2^2 = \delta \cdot P_1$; $E_1 = P_1 - A_1 = P_1(1 - \mu_1/\sin \mu_1) = P_1(1 - \mu_1)$; $E_2 = P_2(1 + \mu_2) -$ т.к. $\sin \mu_1 = 1$, а $\sin \mu_2 = -1$. Величина $b = -\delta E_1/E_2 = -\delta P_1/(\delta P_1) \cdot (1 - \pi/2)/(1 + 3\pi/2) = 0,0999 \approx 0,1$. Окончательно время наступления максимального перепада температур в

теле по формуле (6) $Fo_{\max} = 1/(2\pi^2) \ln(1/0,1) = 0,1167$. Максимальный перепад по соотношению (7) $\Delta \Theta_m = (1-1/9)(8/\pi^2)(1-\pi/2) \cdot \exp(-\pi^2 Fo_{\max}/4) = -0,3084$. Максимальная разность температур по уравнению (8) $\Delta t_0 = 300/(-0,3084) = -972,8$ °С.

Окончательно допустимая температура греющей среды при нагреве шаровых тел $t_{с.доп} = 0 - \Delta t_0 = 973$ °С.

Расчет с помощью номограммы [4] дает $Fo_{\max} = 0,116$ и $t_{с.доп} = 976$ °С. Таким образом, аналитическое решение по расчету максимального времени и допустимой температуры печи практически совпало с графическим и его можно рекомендовать для назначения с помощью ПЭВМ рациональных режимов нагрева тел простой геометрической формы.

Для сравнения процессов нагрева при Bi 0,1; 1 и 10 плоских, цилиндрических и шарообразных тел результаты аналитических расчетов приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Из анализа данных таблиц 1 – 3 следует, что при одном и том же числе Био время наступления максимального перепада уменьшается при переходе от плоских к шаровым телам примерно в 2 раза, а сам перепад температур и предельно допустимая температура греющей среды остаются на одном уровне.

Таблица 1 – Максимальное время, перепад температур и допустимая температура печи при $Bi=0,1$ в зависимости от формы тела

Форма тела	$ \mu_1$	$ \mu_2$	$ a$	$ b$	$ Fo_{\max}$	$ -\Delta \Theta_m$	$ t_{с.доп},$ °С
Пластина	0,3111	3,1731	9,9718	0,01194	0,444	0,04626	6485
Цилиндр	0,4417	3,8577	14,687	0,01385	0,291	0,04602	6517
Шар	0,5423	4,5157	20,097	0,01299	0,216	0,04600	6522

Таблица 2 – Максимальное время, перепад температур и допустимая температура печи при $Bi=1$ в зависимости от формы тела

Форма тела	$ \mu_1$	$ \mu_2$	$ a$	$ b$	$ Fo_{\max}$	$ -\Delta \Theta_m$	$ t_{с.доп},$ °С
Пластина	0,8603	3,4256	10,995	0,0825	0,2269	0,3084	973
Цилиндр	1,2558	4,0795	15,065	0,1012	0,1520	0,3090	970
Шар	$ \pi/2$	$ 3\pi/2$	19,739	0,0999	0,1167	0,3084	973

Таблица 3 – Максимальное время, перепад температур и допустимая температура печи при $Bi=10$ в зависимости от формы тела

Форма тела	$ \mu_1$	$ \mu_2$	$ a$	$ b$	$ Fo_{\max}$	$ -\Delta \Theta_m$	$ t_{с.доп},$ °С
Пластина	1,4289	4,3058	16,498	0,2174	0,0925	0,7989	375
Цилиндр	2,1795	5,0332	20,583	0,2311	0,0711	0,7977	376
Шар	2,8363	5,7172	24,642	0,2228	0,0609	0,7947	377

Выводы. Разработана инженерная методика аналитического расчета допустимой температуры греющей среды при тепловой обработке плоских, цилиндрических или шаровых тел с учетом разрушающих термических напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стариков В.С., Семахин В.В., Титов Н.В. Совершенствование нагрева стальных заготовок в методических печах с шагающим подом // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1997. – № 8. – С. 64–69.
2. Стариков В.С. Оптимально форсированная тепловая обработка стальных цилиндрических заготовок с ограничением температурной неравномерности по сечению // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1994. – № 8. – С. 50–53.
3. Браунштейн Е.Р., Стариков В.С., Гуляева Т.П. О горячих и холодных трещинах в сталях при механическом и тепловом нагружении // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1996. – № 4. – С. 42–45.
4. Темлянцев М.В. Расчеты ограничений на технологические и управляющие параметры при форсированном нагреве шарообразных стальных тел // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2006. – № 2. – С. 52, 53.
5. Горбунов А.Д., Шабельник О.М. К расчету температурных полей и термических напряжений при нагреве плоских тел в движущемся слое /Сб.науч.трудов НМетАУ. – Том 7. – Днепропетровск: 2002. – С. 40 – 45.
6. Горбунов А.Д., Свинолобов Н.П. К расчету коэффициентов усреднения температуры и тепловых потоков / Металлургическая теплотехника. Сб. научных трудов НМетАУ. – Днепропетровск: Пороги, 2004. – С. 195 – 206.
7. Гольдфарб Э.М., Горбунов А.Д. Определение корней трансцендентных уравнений при нагреве тел в прямотоке и противотоке // ИФЖ. – 1984. – Т.46. – № 5. – С. 870, 871.
8. Горбунов А.Д., Гольдфарб Э.М. Нахождение корней трансцендентных уравнений в задачах теплопроводности пластины при неоднородных граничных условиях // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1983. – № 8. – С. 104 – 108.
9. Горбунов А.Д., Гольдфарб Э.М. Нахождение корней трансцендентных уравнений в задачах теплопроводности цилиндра при неоднородных граничных условиях // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1983. – № 12. – С. 94 – 97.
10. Горбунов А.Д., Гольдфарб Э.М. Нахождение корней трансцендентных уравнений в задачах теплопроводности шара при неоднородных граничных условиях // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1984. – №2. – С. 79 – 83.

УДК 620.1:669

С.Н. Старовацкая, П.А.Маслов

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗИ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ ПЕРЛИТНОГО КЛАССА¹

Установлено, что поверхности изломов стали 35ХГСА в термообработанном состоянии имеют фрактальный характер. Показано, что между механическими свойствами стали и фрактальной размерностью существуют устойчивые корреляции, что определяет возможность использования фрактального анализа поверхностей разрушения как дополнительного метода экспрессной оценки механических свойств стали.

It is shown that between mechanical properties of a steel and fractal dimension exist steady correlation that defines use possibility fractal the analysis of surfaces of destruction as an additional method of an express estimation of mechanical properties of a steel.

Одной из часто встречающихся на практике задач является определение причин разрушения металлических конструкций и изделий либо расчет их остаточного ресурса. При этом используется визуальная оценка поверхности разрушения, которая не дает количественных показателей, а позволяет сделать только общие выводы о структуре излома и механических свойствах. Не всегда есть возможность изготовления стандартных образцов для проведения механических испытаний из готовой конструкции или изделия. Методы неразрушающего контроля также часто не позволяют получить нужную информацию о свойствах. Необходим такой количественный показатель структуры, который бы позволил объективно оценивать механические свойства изделий, как с проведением, так

¹ * Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 08-07-00226а, 10-07-00172а, 10-07-00193а

и без механических испытаний. Этим показателем может служить фрактальная размерность.

Понятие фрактальной (дробной) размерности (D_f), известное под названием размерности Хаусдорфа–Безиковича, было введено Мандельбротом для измерения объектов, получивших название фрактальных [1, 2]. Согласно определению Мандельброта, фрактал - это множество, размерность Хаусдорфа - Безиковича которого строго больше его топологической размерности. Значит, поверхность фрактальна, если его размерность находится в интервале от 2 до 3. Установление количественной взаимосвязи механических свойств металла с его структурой с помощью фрактальной размерности в перспективе может стать дополнением существующих методов неразрушающего контроля и разрушающих испытаний.

Попытки построения зависимостей физико – механических свойств материалов различной природы от структурных характеристик с учетом фрактальной размерности уже предпринимались в исследованиях авторов [3-5]. В развитие этих исследований в настоящей работе устанавливалась связь механических свойств стали 35ХГСА и рельефа поверхности разрушения после термической обработки.

Материалы и методика

Механические свойства стали 35ХГСА (временное сопротивление разрушению и твердость) изучались после термической обработки, которая заключалась в закалке и отпуске. Цель термической обработки – получение оптимальных значений твердости 47-49 HRC и заданной микроструктуры (сорбит отпуска). Такая обработка стали 35ХГСА весьма распространена при изготовлении корпусов бурового инструмента, например шнековых резцов. Закалка проводилась с температуры 880 °С в минеральное масло. Температура и длительность выдержки при отпуске варьировались в интервалах $T_H = 365 - 500$ °С, $\tau = 30 - 45$ мин.

Временное сопротивление разрушению определялось по стандартной методике с помощью гидравлического пресса ИК-500. Твердость - по методу Роквелла на твердомере ТКС-2. Образцы для механических испытаний изготавливались согласно ГОСТ

1497-84. Для исследования изломов использовался растровый электронный микроскоп «РЭММА».

Полученные цифровые изображения изломов обрабатывались с помощью анализатора изображений «SIAMS Photolab» и, входящей в его состав, специально разработанной методики «3D - визуализация».

В результате такой обработки получался набор вертикальных сечений поверхностей излома (профилей), описывающих рельеф поверхности с точностью, определяемой величиной измерительного масштаба δ . При изменении величины δ изменялись и значения измеренной длины профилей. В том случае, если поверхность имеет фрактальные свойства, должен выполняться степенной закон, устанавливающий связь между длиной профиля L и величиной (параметром) измерительного масштаба δ :

$$L(\delta) = L_0 \delta^{1-D_f},$$

где L_0 — проекция профиля L на ось сечения x , а D_f — фрактальная размерность профиля поверхности. Величина D_f определяется по углу наклона линейного участка зависимости $\ln(L/L_0)$ от $\ln \delta$.

Для расчета фрактальной размерности профиля сечения поверхности был предложен следующий алгоритм:

- 1) выделяется исходное вертикальное сечение изображения поверхности излома (профиль);
- 2) выбирается измерительный отрезок δ ;
- 3) профиль поверхности покрывается числом n отрезков размера δ (с уменьшением размера δ отрезков они всё ближе и ближе повторяют профиль поверхности);
- 4) подсчитывается число окружностей n радиусом δ , с помощью которых измерялась длина выделенного участка профиля;
- 5) рассчитывается длина профиля $N(\delta) = n \times \delta$;
- 6) пункты 1-5 повторяются для разных δ ;
- 7) строится график зависимости $N(\delta)$ от δ в логарифмических координатах;
- 8) методом наименьших квадратов определяется уравнение линии тренда полученной зависимости;
- 9) из уравнения $D_f = 1 + K_s$, где K_s — тангенс угла наклона линии тренда, определяется фрактальная размерность профиля;

10) пункты 1 – 6 повторяются для следующих профилей поверхности.

11) Рассчитывается фрактальная размерность поверхности в целом из уравнения $D_f = 2 + K_s [6-7]$.

По описанному алгоритму разработана программа, позволяющая выполнить данные расчёты.

Результаты и их обсуждение

Определение фрактальной размерности по рассмотренной методике показало, что после проведения термической обработки стали 35ХГСА происходит формирование фрактального рельефа поверхности излома. Рельеф поверхности является самоафинным, так характеризуется набором фрактальных размерностей.

На рисунке 1 приведены усредненные контуры вертикальных сечений рельефа поверхностей разрушения (слева), полученных при разных режимах термической обработки, а также усредненные по пяти профилям результаты фрактального анализа (справа). На рисунке 1а показаны изображения рельефа и фрактальные свойства стали 35ХГСА после закалки с 880 °С (масло) и отпуска при 485 °С в течение 43 мин., при этом D_f поверхности излома составила в среднем 2,2785. С уменьшением температуры отпуска до 365 °С фрактальная размерность увеличивается до 2,3580.

Как видно из рисунков 1, а – д, на рельеф поверхности разрушения влияют параметры термической обработки, что при визуальном изучении изображений изломов стали 35ХГСА не выявляется. Следовательно, статистическое значение фрактальной размерности может служить количественной характеристикой поверхности разрушения.

В ходе дальнейшего исследования были обнаружены устойчивые корреляции значений фрактальных параметров растровых изображений изломов с механическими свойствами стали 35ХГСА после закалки с различными температурами отпуска. Примеры таких зависимостей показаны в таблице и на рисунках 2, а – с.

Полученные результаты указывают на перспективность использования расчета фрактальной размерности для комплексной оценки свойств металлов в качестве дополнения к существующим способам определения механических свойств металлов.

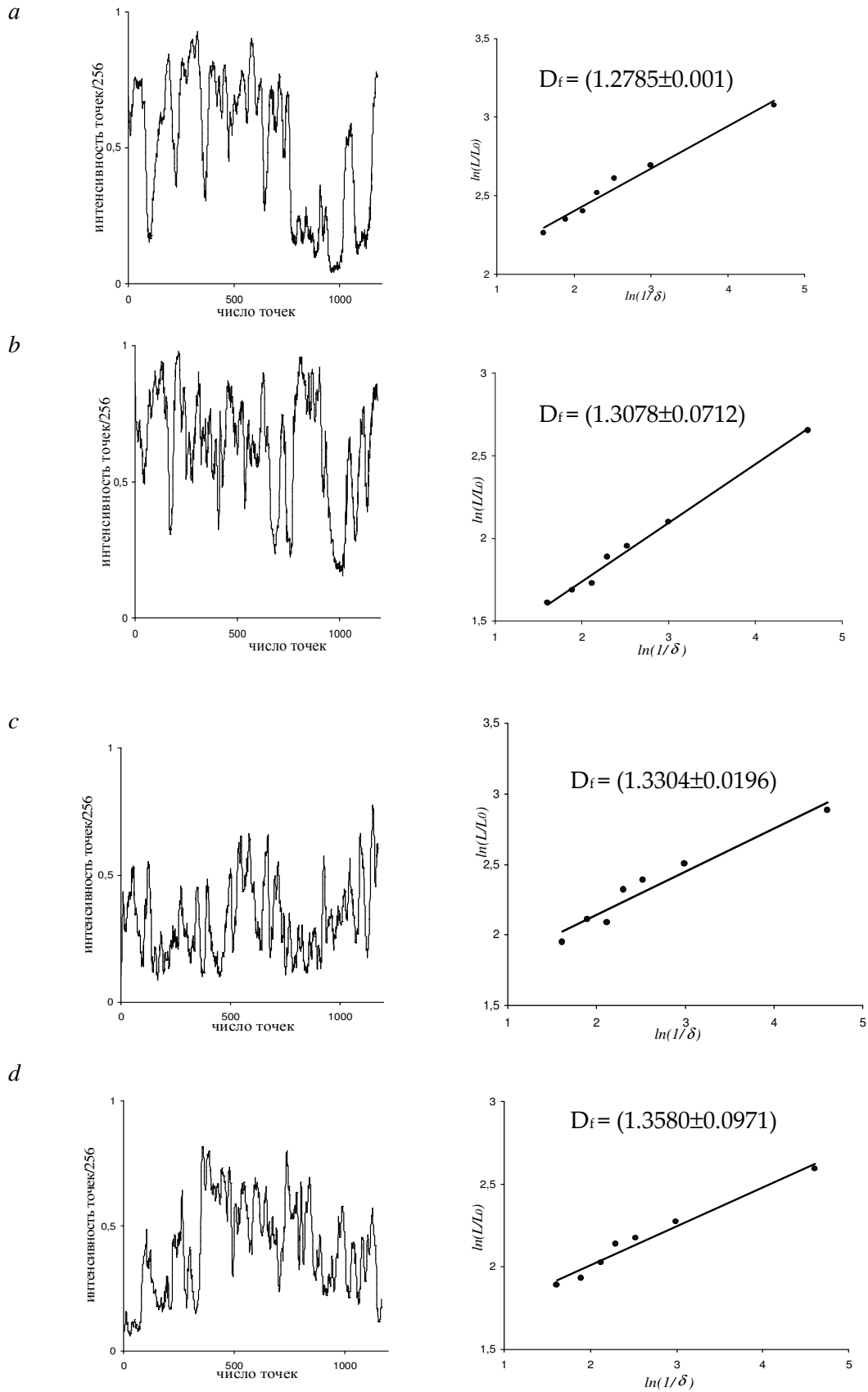


Рисунок 1 – Профили вертикальных сечений изображений поверхностей разрушения стали 35ХГСА и зависимости $\ln(L/L_0)$ от $\ln(1/\delta)$ для определения фрактальных размерностей

Таблица – Сопоставление результатов механических испытаний и фрактального анализа изломов стали 35ХГСА

Термическая обработка	D_f	σ_B , МПа	HRC
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 485 °С, 43 мин	1,2785±0,001	1401±9	37±2
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 445 °С, 40 мин	1,2902±0,0815	1483±8	41±3
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 445 °С, 33 мин	1,3078±0,0712	1483±7	43±2
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 405 °С, 36 мин	1,3304±0,0196	1585±10	45±1
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 405 °С, 30 мин	1,3863±0,0215	1812±12	46±2
Закалка с 880 °С (масло), отпуск 365 °С, 33 мин	1,3580±0,0971	1868±14	47±2

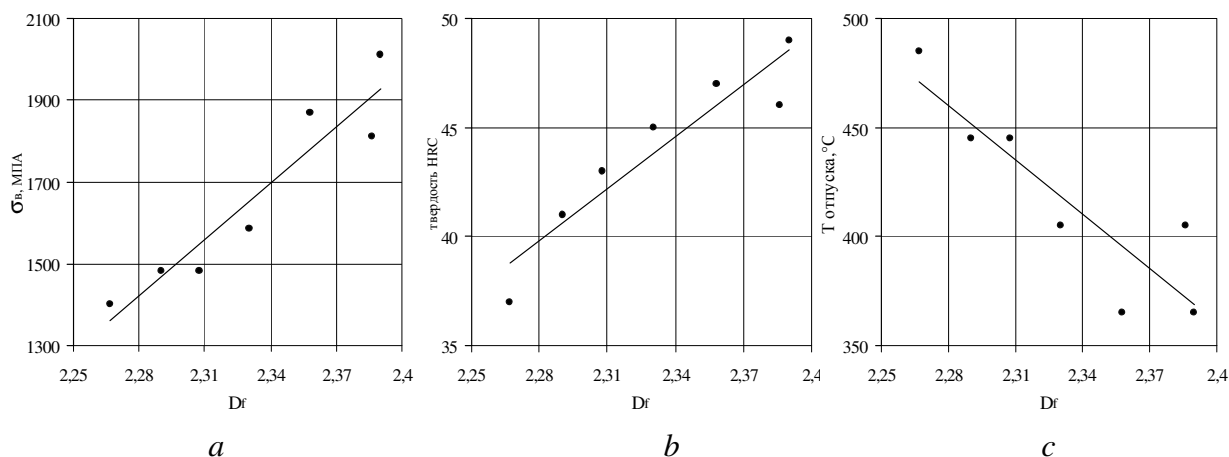


Рисунок 2 – Зависимости механических свойств и параметров термообработки от фрактальной размерности изломов стали 35ХГСА

Выводы:

1. В результате экспериментальных исследований методика определения фрактальной размерности была адаптирована для анализа цифровых изображений поверхностей изломов стали 35ХГСА, полученных с помощью растрового микроскопа.

2. Полученные результаты позволяют выявлять различия между визуально сходными изображениями изломов стали с различной термической обработкой.

3. Установленные зависимости между фрактальной размерностью механическими свойствами показывают, что ее можно рассматривать как количественную характеристику поверхности излома материала, а методику ее определения использовать как дополнительный способ оценки свойств материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: [пер. с англ.] / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

2. Федер, Е. Фракталы: [пер. с англ.] / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.

3. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. / В.С. Иванова. – М.: Наука, 1992. – 160 с.

4. Кулак М.И. Фрактальная механика материалов/ М. И. Кулак.- Минск.: Высш. шк., 2002. – 304 с.

5. Колмаков А.Г. Использование положений системного подхода при изучении структуры, особенностей пластической деформации и разрушения металлов/ А.Г. Колмаков // Металлы, 2004. №4. С. 98 – 107.

6. М.А. Измеров. Методы определения фрактальной размерности инженерных поверхностей/ М.А. Измеров // Вестник Брянского государственного технического университета. 2006. №3. С. 10 – 17.

7. Торхов Н. А. Определение фрактальной размерности поверхности эпитаксиального слоя n-GaAs в локальном пределе / Н. А. Торхов, В.Г. Иво-нин //Физика и техника полупроводников, 2009, Т. 43, вып.1, С. 38 – 47.

УДК 621.771:621.78.08

М.В. Темлянцев, Т.Н. Осколкова, А.С. Симачев, М.В. Чубейко

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ИЗЛОМОВ ПЕРЕГРЕТОЙ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

В статье представлены результаты металлографических исследований микроструктуры и изломов перегретой рельсовой стали.

In the article the outcomes of researches of a microstructure and fractures of overheated rail steel are shown.

При нагреве непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) рельсовой стали в методических печах перед прокаткой, вследствие взаимодействия с раскаленными продуктами сгорания происходит окисление и обезуглероживание поверхностных слоев металла. При несоблюдении температурного режима нагрева характерным видом брака является перегрев стали. Перегретая сталь характеризуется специфическими изменениями структурного состояния, пониженной пластичностью при горячей деформации и пониженными механическими свойствами в холодном состоянии [1].

Целью настоящей работы явилось изучение влияния окисления и обезуглероживания на структурное состояние и вид излома перегретой рельсовой стали марки Э76Ф [2]. Для исследования использовали квадратные образцы поперечным сечением 20×20 мм длиной 40 мм, которые вырезали из поверхностных слоев НЛЗ рельсовой стали марки Э76Ф, содержащей 0,03 % V. Нагрев проводили до температур 1350 °С в электрической печи сопротивления типа СУОЛ-0,25.1/12,5-И1 с нагревателями из карбида кремния. Время выдержки при температуре нагрева достигало 6 ч. После нагрева образцы в горячем состоянии подвергали однократным обжатиям (прокатывали) на лабораторном дуо-реверсивном прокатном стане с гладкими валками диаметром 139 мм. Обжатия при этом достигали 25 – 50 %, а скорости деформации 1,7 – 2,1 1/с. После прокатки образцы охлаждали на воздухе. В средней части прокатанных образцов делали пропи́л шириной 3 мм на глубину при-

мерно 1/3 высоты, далее их разламывали на гидравлическом прессе. После исследования излома изготовляли шлиф для изучения микроструктуры металла.

Исследования изломов проводили с использованием методов растровой электронной микроскопии и энерго-дисперсионной спектроскопии. В качестве инструмента измерений использовали растровый электронный микроскоп JSM-6480LV фирмы JEOL (Япония) с приставкой для энерго-дисперсионной спектроскопии INCA ENERGY Dry Cool фирмы OXFORD INSTRUMENTS (Великобритания). Микроструктуру поверхностных слоев стали изучали с помощью металлографического микроскопа ЛабoМет-1И.

На рисунке 1 показана микроструктура поверхностных слоев образцов нетравленных шлифов.

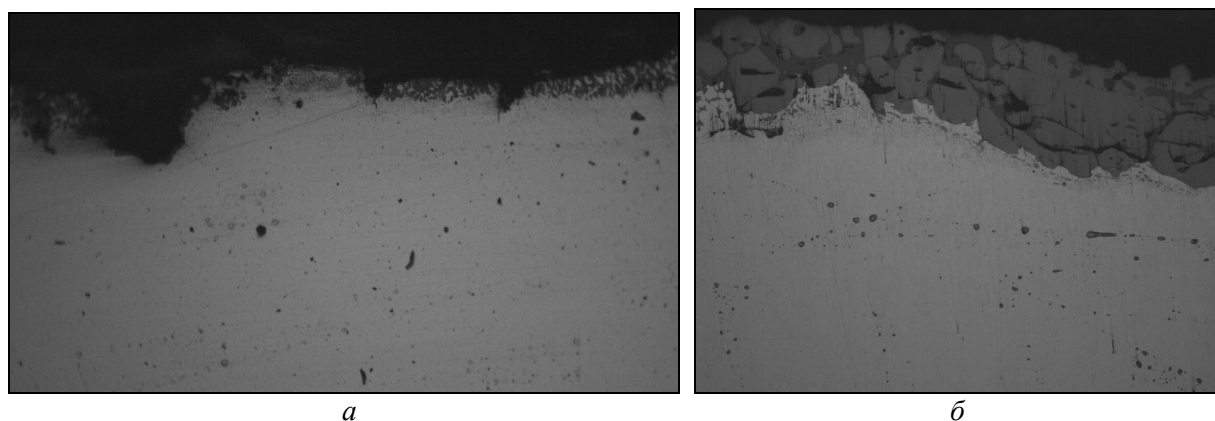


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностных слоев боковой (а×100) и верхней (б×400) граней образцов нетравленных шлифов

На рисунке 1 видно, что под окалиной, в поверхностных слоях металла присутствуют мелкие сферические включения оксидов (оксидная «сыпь»), которые формируют зону внутреннего окисления. Размеры включений достигают 1 – 8 мкм уменьшаются по мере удаления от поверхности. По данным [3] образование зоны внутреннего окисления вызвано диффузией кислорода вглубь металла при высокотемпературном нагреве.

На рисунке 1, а видно, что после прокатки на боковой поверхности образцов присутствуют мелкие рванины. Образование рванин вызвано пониженной пластичностью зоны внутреннего окисления, насыщенной включениями оксидов. Известно, что для определения способности металла к деформации решающее значение имеют пластические свойства поверхностных зон металла. Это связано с тем,

что образование трещин происходит с поверхности металла, и именно поверхностные дефекты определяют способность металла к деформации и качество готового проката [4].

Фрактографическое исследование образцов показало, что строение и вид изломов поверхностных (обезуглероженных) и внутренних слоев металла существенно различаются. На рисунке 2 представлена электронная микрофрактограмма излома.

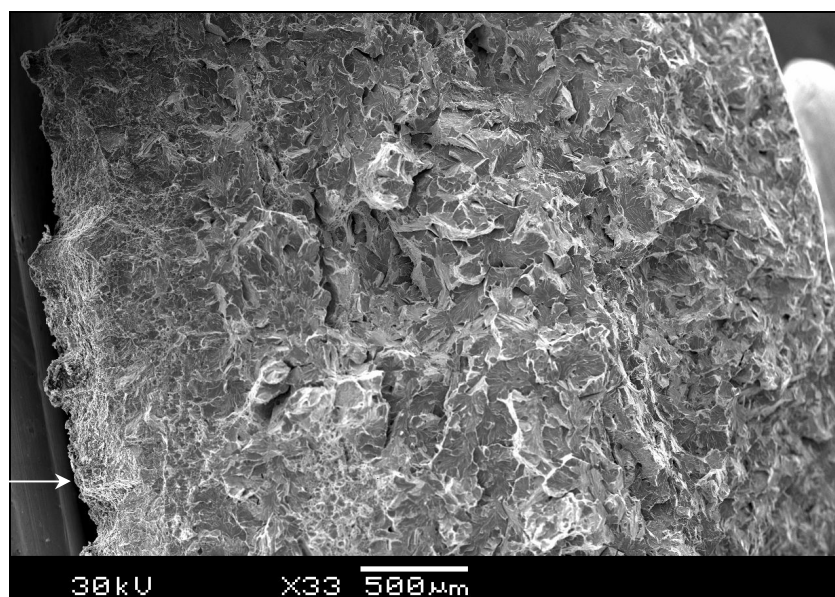


Рисунок 2 – Электронная микрофрактограмма излома (стрелкой показана поверхность образца)

На боковой грани видимый обезуглероженный слой распространяется на глубину 2,5 – 2,7 мм. Толщина зоны полного обезуглероживания составляет 0,1 – 0,2 мм. В области зоны полного обезуглероживания излом мелкозернистый и вязкий (рисунок 3, *а*), для зоны частичного обезуглероживания и основного металла характерен более крупнозернистый и хрупкий излом (рисунок 3, *б*).

Как видно из рисунка 3, *а* в области зоны полного обезуглероживания наблюдаются гладкие площадки скола с множественными мелкими (1 – 3 мкм) частицами глобулярной формы неметаллических включений (оксидной «сыпи») (рисунок 4). С целью установления этиологии неметаллических включений, используя растровую электронную микроскопию, выявлено, что все эти включения относятся к оксидному типу.

В таблице представлены результаты исследования состава неметаллических включений (оксидной «сыпи»). Из таблицы видно, что основными составляющими исследуемых неметаллических

включений (точка замера *1*) являются оксиды FeO, MnO и SiO₂ представляющие собой вюстит, вюстит с небольшим содержанием MnO и железомарганцевые силикаты.

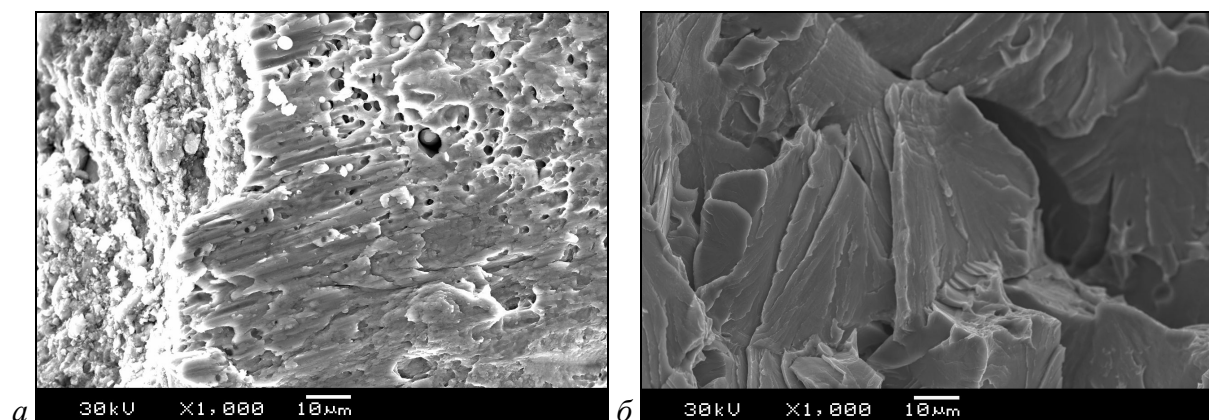


Рисунок 3 – Микрофрактограмма поверхностного (*a*) и внутреннего (на расстоянии 1,1 мм от поверхности) (*б*) слоев образца

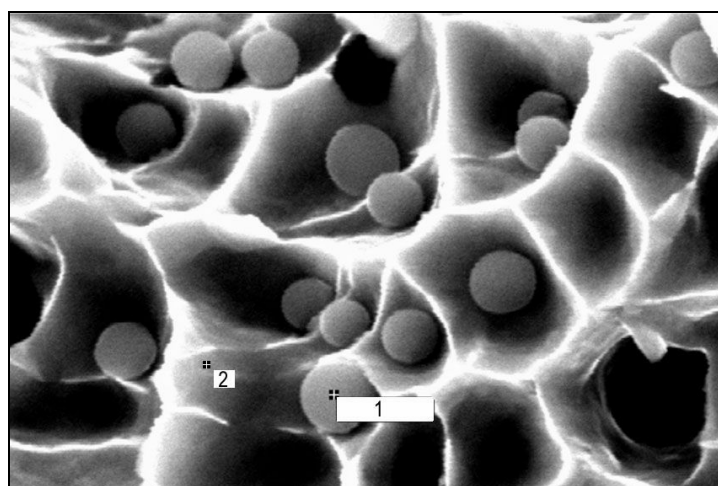


Рисунок 4 – Микрофрактограмма (X10000) поверхностных слоев образца с мелкими неметаллическими включениями (*1* и *2* – точки замера элементного состава)

Таблица – Химический состав неметаллических включений

№	Химический элемент	Содержание элемента в точках замера, масс. %	
		<i>1</i>	<i>2</i>
1	O	28,13	–
2	Al	2,01	–
3	Si	6,33	–
4	Mn	5,84	0,85
5	Fe	56,80	99,15
6	V	0,26	–
7	Cr	0,24	–
8	Cu	0,39	–

Полученные данные хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных в работах [3, 5]. Элементный состав точки замера 2 соответствует составу рельсовой стали.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что для перегретой рельсовой стали характерно образование под окалиной в поверхностных слоях металла зоны внутреннего окисления, содержащей значительное количество неметаллических включений. Их основными составляющими являются оксиды FeO, MnO и SiO₂ представляющие собой вюстит, вюстит с небольшим содержанием MnO и железомарганцевые силикаты. Зона внутреннего окисления имеет пониженную пластичность и является причиной образования рванин при прокатке металла. В области зоны полного обезуглероживания излом перегретой рельсовой стали мелкозернистый и вязкий, для зоны частичного обезуглероживания и основного металла характерен более крупнозернистый и хрупкий излом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективные технологии тепловой и термической обработки в производстве рельсов / В.В. Павлов, М.В. Темлянцев, Л.В. Корнева, А.Ю. Сюсюкин. – М.: Теплотехник, 2007. – 280 с.
2. Темлянцев М.В. Определение максимальных температур нагрева перед прокаткой рельсовой электростали // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии: Сб. науч. трудов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005. – Вып.15. – С. 61 – 64.
3. Образование оксидов в твердой стали при диффузии в нее кислорода / Я.Н. Малиночка, Ю.С. Шмелев, М.А. Олихова и др. // Металлы. – 1981. – № 5. С. 110 – 119.
4. Перетягко В.Н., Кузнецов А.Ф. Горячая прокатка листовой нержавеющей стали. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1989. – 254 с.
5. Природа поверхностных трещин на слябах, блюмах и заготовках / Я.Н. Малиночка, И.Г. Узлов, Г.З. Ковальчук и др. // Сталь. – 1981. – № 12. С. 62 – 66.

УДК 621.784.063

О.В. Шорохова, Т.Н. Осколкова

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ИЗУЧЕНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОПОЛИМЕРНОЙ СРЕДЫ «ТЕРМОВИТ-М» ПРИ ЗАКАЛКЕ

В статье изучена охлаждающая способность водополимерной закалочной жидкости «Термовит-М» различных концентраций.

The cooling ability of the quenching liquid «Termovit-M» of different concentrations is researched in the article.

Закалка является одним из распространённых технологических приёмов формирования необходимых механических свойств металлического изделия. Охлаждение при закалке осуществляется в таких закалочных средах, как вода, индустриальное масло, а также с недавнего времени стали применять закалочные среды на основе водорастворимых полимеров [5].

В последние десятилетия в мировой практике термической обработки металлов усиливается тенденция замены минеральных масел синтетическими закалочными средами [1-5]. Это обусловлено как экологическими, так и экономическими аспектами.

Водные растворы полимеров обладают рядом преимуществ перед традиционными минеральными маслами – они пожаробезопасны, безвредны для окружающей среды и здоровья людей. Охлаждающую способность полимерных сред можно регулировать, изменяя концентрацию полимера в растворе.

Целью настоящей работы было изучение охлаждающей способности водного раствора полимера «Термовит-М» с целью закалки стали марки ШХ15 [3].

Из концентрата «Термовит-М» производства ЗАО НПО «Промэкология» г. Омск готовили растворы закалочных сред с концентрациями 2, 5, 8 %. От ближайших аналогов «Термовит-М» отличается долговременной стабильностью, более высокой воспроизводимостью показателя твердости изделий. Закалочный рас-

твор, приготовленный на основе концентрата «Термовит-М», при соответствующем контроле и корректировке способен работать без замены не менее года, «пропуская» при этом количество закаливаемых изделий по массе в соотношении к массе закалочного состава как 70:1.

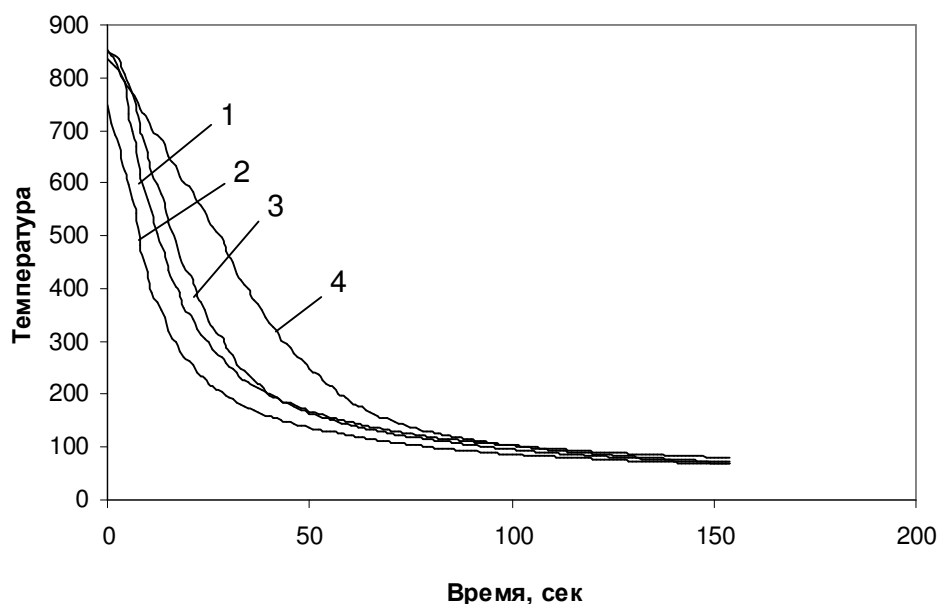
По сравнению с минеральными маслами, среда «Термовит-М» обладает следующими преимуществами (ТУ 2219-040-23763375-2006):

- термостабильна и коррозионно-неагрессивная;
- нетоксичная, негорючая;
- не требует периодически полной замены и утилизации;
- устойчива к перепадам температур;
- не требуется промывки закалённых деталей;
- фактическая прокаливаемость закалённых деталей возрастает на 15 %;
- уровень коробления и деформации деталей ниже на 20 %;
- прочность изделий выше на 10 %;
- технологический расход среды «Термовит-М» на 1 тонну закалённых деталей – 2,5 кг, а минеральных масел – до 25 кг на 1 тонну;
- низкая стоимость по сравнению с минеральными маслами;
- закалочная ванна с полимером «Термовит-М» может работать в 7 – 10 раз дольше масляной.

В данной работе охлаждающую способность водополимерной среды, нагретую до температур 20, 30, 40, 50, 60 °С, изучали при помощи прибора «Компатон», который представляет собой термометр цифровой и датчик температуры шаровидной формы, имеющий в своём геометрическом центре термопару. Датчик нагревается до температуры нагрева под закалку данной стали, затем переносится в закалочную среду. При этом производится запись измерений значений температуры с заданным интервалом времени. В результате были получены кривые охлаждения и проведён сравнительный анализ заданных концентраций водополимерной закалочной среды Термовит-М с индустриальным маслом И-20А.

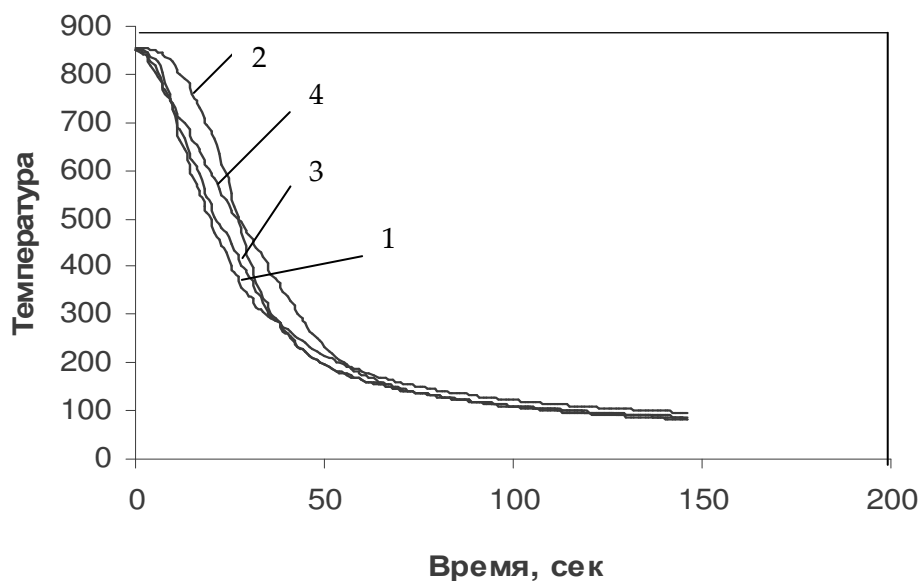
Известно, что с увеличением температуры закалочной среды её охлаждающая способность уменьшается. В связи с этим на рисунках 1 и 2 представлены кривые охлаждения водополимерных растворов и масла при повышенных температурах (40 и 60 °С).

Сравнение охлаждающей способности 2, 5 и 8 %-ных водополимерных растворов Термовит-М и масла И-20А, проведённое по кривым охлаждения, показало, что наиболее приближена к масла охлаждающая способность в 2 ÷ 5% растворе полимера в интервале температур 20 – 60 °С. Что касается 8 % раствора полимера, то его охлаждающая способность значительно ниже масла (рисунок 1, 2).



1 – масло; 2 – 2 % раствор; 3 – 5 % раствор; 4 – 8 % раствор

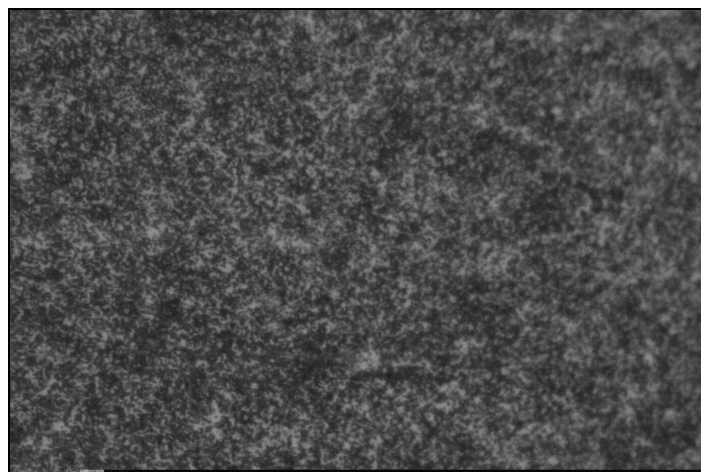
Рисунок 1 – Охлаждающая способность закалочных сред при температуре 40 °С



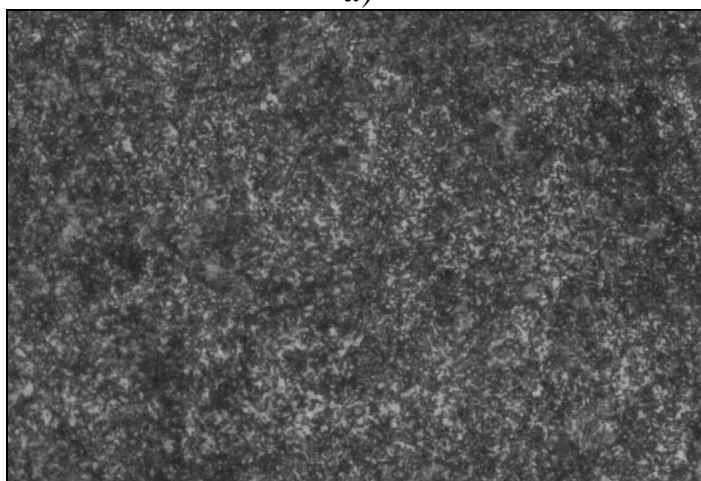
1 – масло; 2 – 2 % раствор; 3 – 5 % раствор; 4 – 8 % раствор

Рисунок 2 – Охлаждающая способность закалочных сред при температуре 60 °С

На основе изучения охлаждающей способности водополимерных растворов для закалки стали ШХ15, в дальнейшем использовались 2 и 5 % растворы при температурах 20 – 60 °С. Исследуемые образцы не содержали закалочных трещин; по твёрдости и микроструктуре не уступали образцам, закалённым в индустриальном масле И-20А (рисунок 3 а, б).



а)



б)

Рисунок 3 – Микроструктуры стали ШХ15 после закалки в 2 % растворе Термовит-М (а) и 5% (б) при температуре 40 °С

Следует отметить, что охлаждающая способность 5 % водного раствора полимера при нагреве его с 20 °С до 60 °С практически не меняется, так как не выявлено изменений в структурах и твёрдости исследуемых сталей. Закалка в растворах «Термовит-М» привела к существенному уменьшению количества окарины на поверхности обработанных изделий.

Таким образом, при опробовании закалочной среды «Термо-

вит-М» были получены положительные результаты при закалке стали ШХ15 в интервале концентраций раствора полимера 2 – 5%. Небольшая стоимость водных растворов полимеров открывает перед этими закалочными жидкостями большие перспективы и возможность успешного использования их вместо индустриального масла И-20А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осколкова Т.Н., Шорохова О.В., Симачёв А.С. Синтетические закалочные среды / Т.Н. Осколкова, О.В. Шорохова, А.С. Симачёв // Сб. научных трудов «Высокие технологии, фундаментальные исследования, оборудование». - С.-Петербург, 2009. - том 2. - С. 137 – 139.

2. Осколкова Т.Н., Симачёв А.С., Шорохова О.В., Бессонова Т.И. и др. Использование водополимерной среды «Термовит-М» при закалке стали марки 30ХГСА / Т.Н. Осколкова, А.С. Симачёв, О.В. Шорохова, Т.И. Бессонова // Сб.трудов всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и молодёжь: проблемы, поиски, решения» под общей редакцией Мышляева Л.П.; СибГИУ.-Новокузнецк, 2008. – вып.12.-ч.IV. Технические науки, 2008. - 303 с.

3. Астащенко В.И. Особенности охлаждающей способности водных растворов полимеров / В.И. Астащенко // Социально-экономические и технические системы. - 2007. - № 1. - С. 73 – 78.

4. Домнина Н.В., Помельникова А.С. Современные закалочные среды для термической обработки различных сталей / Н.В. Домнина, А.С. Помельникова // Изв.вуз. Чёрная металлургия. – 2003. - № 10. - С. 23 – 26.

5. Эйсмонтт Ю.Г. Исследование охлаждающих сред, альтернативным закалочным маслам / Ю.Г. Эйсмонтт // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2000. - № 11. - С. 32 – 36.

УДК 669.71:621.778:538.91

Ю.Д. Жмакин, Д.В. Загуляев, С.В. Коновалов,
В.А. Кузнецов*, В.Е. Громов

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный
университет», г. Новокузнецк

*ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»,
г. Новокузнецк

ГЕНЕРАТОР МОЩНЫХ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В статье приведена новая схема генератора мощных токовых импульсов используемого для повышения прочностных характеристик металлических изделий.

In the article is given the new scheme of the generator powerful current pulses of that utilized for increasing the strength characteristics of metalware.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (гос. контракт № П411).

Использование генераторов мощных токовых импульсов (ГМТИ) в работе волочильных станов и других технологиях обработки металлов показало их высокую эффективность [1].

В связи с тем, что ГМТИ, рассчитанные на токи до 20-30 кА и частоту до 3600 Гц, обладают разветвленными схемами, актуальным является вопрос придания указанным схемам блочной структуры построения, как наиболее выгодной и экономичной.

Предлагаемая ниже схема ГМТИ, способная производить мощные токовые импульсы амплитудой 1300 - 2000 А с частотой 300 импульсов в секунду, аналогична описанной в [2]. Отличие заключается в том, что для увеличения амплитуды импульсов используются четыре независимые конденсаторные батареи, разряжающиеся в один и тот же момент времени на нагрузку. Благодаря тому, что схемы разряда имеют одностороннюю проводимость и разряд происходит одновременно, амплитуда токового импульса вследствие алгебраического сложения токов из четырех ветвей возрастает в четыре раза. Заряжаются батареи одновременно по четырем параллельным ветвям. В любом случае закрытие зарядных симисторов будет происходить одновременно в момент начала смены знака производной dU/dt с положительного на отрицательный.

Представленная схема на рисунке 1 рассчитана из условия использования симисторов на номинальный ток 320 А. Увеличить максимальную амплитуду импульсов возможно за счет использования симисторов, рассчитанных на больший ток.

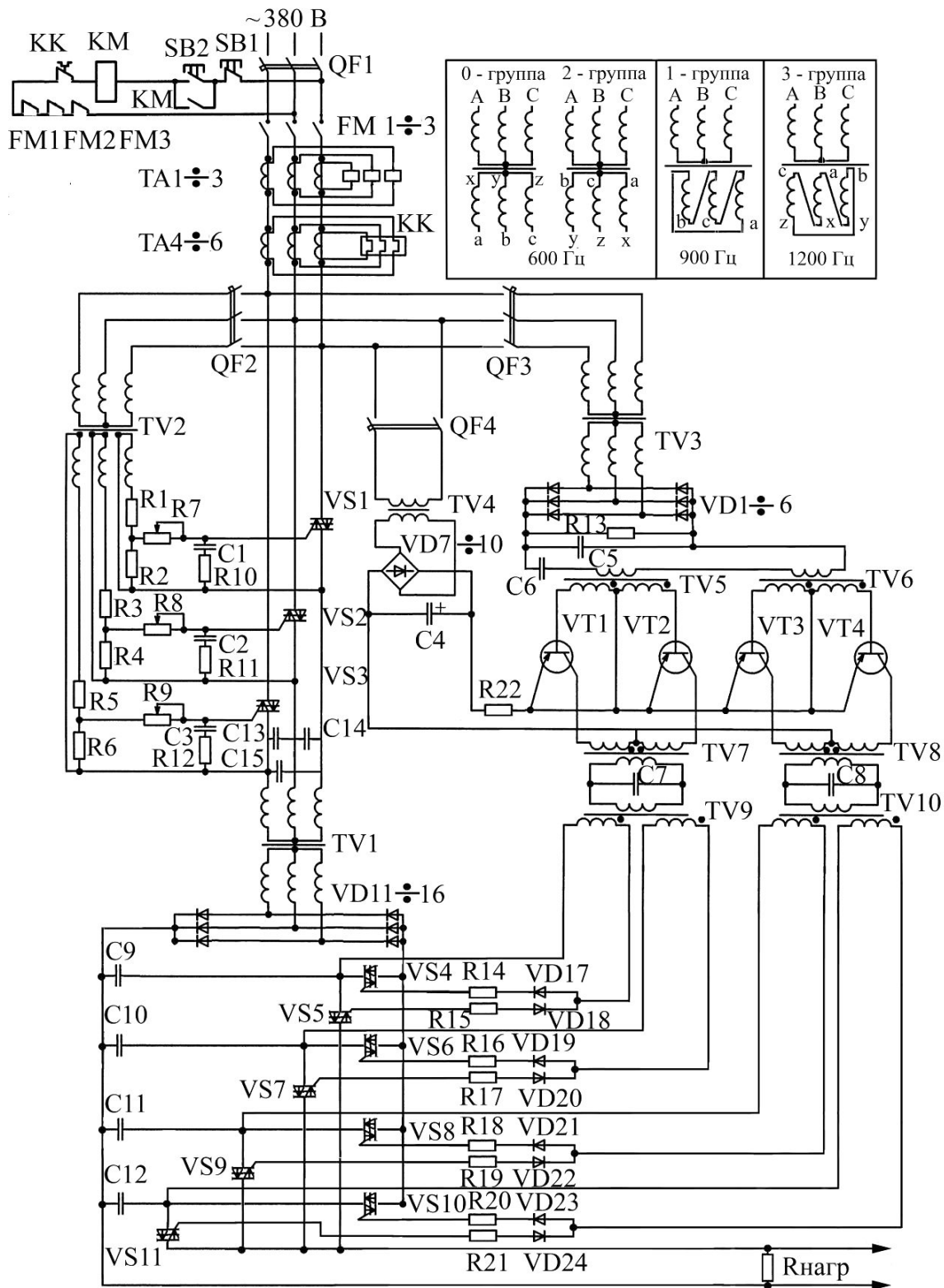


Рисунок 1 – Схема генератора мощных токовых импульсов амплитудой 1,3-2 кА и частотой следования импульсов 300 Гц

Схема, изображенная на рисунке 1, является базовой схемой, используя которую можно создать генератор с любыми параметрами по амплитуде и частоте в зависимости от схемы соединения силового трансформатора. Схема соединения трансформатора управления должна совпадать со с схемой соединения силового трансформатора. Используя силовые трансформаторы с одной и той же группой соединения, можно получать токовые импульсы, совпадающие по фазе, вследствие чего они будут алгебраически складываться по амплитуде. Применяя силовые трансформаторы с разными группами соединения, можно получать импульсы, сдвинутые относительно друг друга на определенный угол, зависящий от группы соединения трансформаторов, что позволит увеличивать частоту следования импульсов.

Используя группы 0, 1, 2, 3 получаем в генераторе частоту следования силовых импульсов 1200 в секунду, сдвинутых относительно друг друга на угол, равный 15° . Добавив в каждую группу точно такую же схему, мы увеличим амплитуду импульсов. Если в схему добавить по 10 схем с группами 0, 1, 2, 3 получим ГМТИ с параметрами 13-20 кА и частотой следования импульсов 1200 Гц, состоящий из 40 одинаковых схем, различающихся только группами соединения силовых и управляющих трансформаторов.

Применение блочной схемы построения позволяет унифицировать отдельные узлы принципиальной электрической схемы, создает удобство в монтаже, наладке, эксплуатации ГМТИ, позволяет уменьшить объем занимаемого пространства и в конечном результате получить экономичный ГМТИ с любыми заданными параметрами. Приведенная на рисунке 2 блочная схема является модернизированной по сравнению с описанной в [3].

Принцип действия новой схемы совпадает со старой. Отличием является замена всех контактных элементов на бесконтактные и жесткая фазировка управляющих импульсов с питающей сетью, что позволяет увеличить надежность работы схемы и исключить колебания амплитуды токовых импульсов, вызванные пульсациями питающего напряжения. Отличием данной схемы от приведенной на рисунке 1 заключается в том, что для получения токовых импульсов большой амплитуды (2-3 кА) применяется параллельное соединение тиристоров в цепи заряда и разряда, это вызывает необходимость применения уравнивающих дросселей. Наличие

уравнительных дросселей увеличивает индуктивность зарядных и разрядных цепей, поэтому в этой схеме необходимо использовать цепь перезаряда конденсаторной батареи. Получение токовых импульсов 20-30 кА в данной схеме возможно дальнейшим увеличением числа параллельно соединенных тиристоров. В ГМТИ на низкую частоту до 600 Гц возможна суперпозиция токовых импульсов в нагрузке от разных схем.

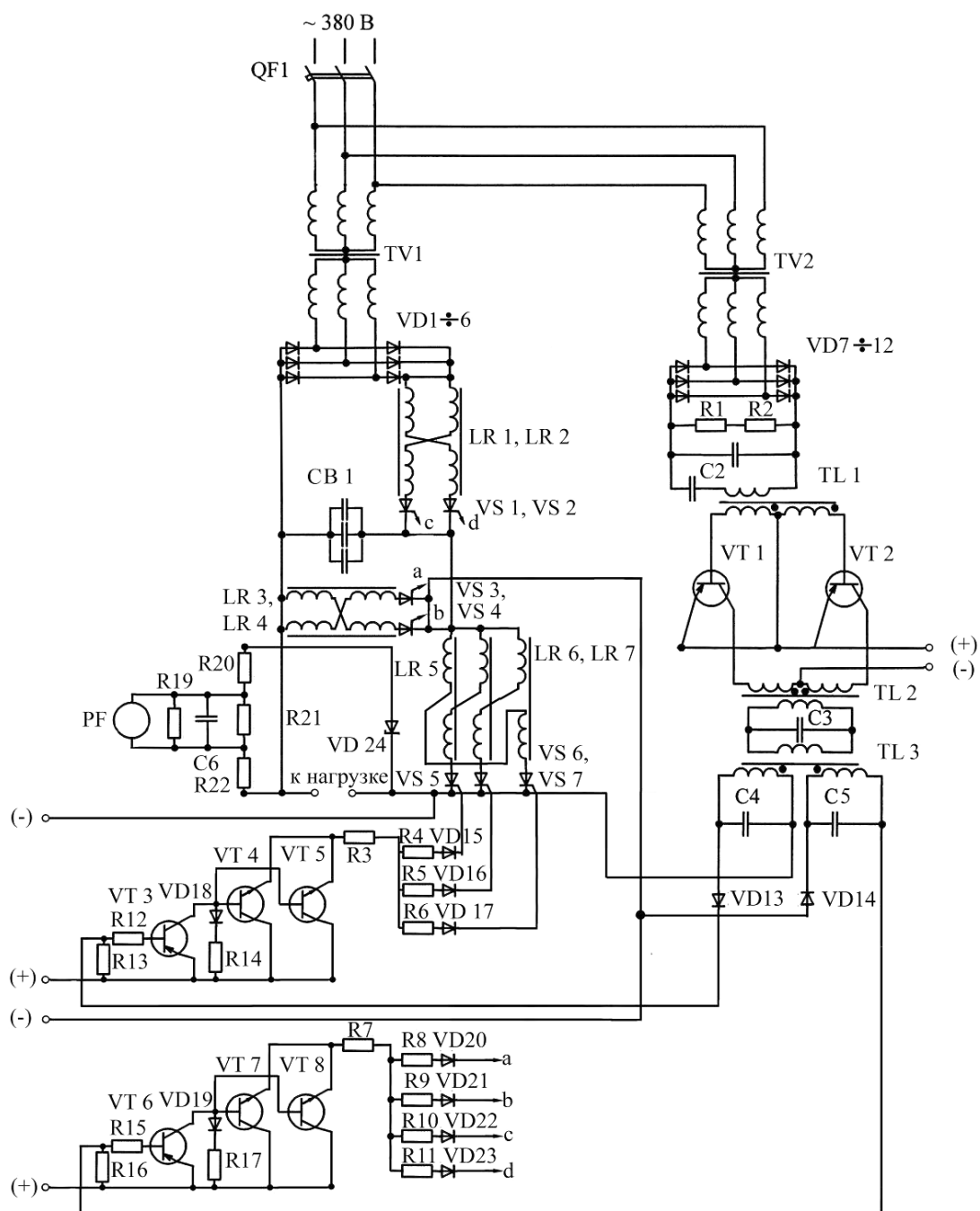


Рисунок 2 – Схема генератора мощных токовых импульсов амплитудой 2-3 кА и частотой следования импульсов 300 Гц с уравнительными дросселями

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громов В.Е., Зуев Л.Б., Козлов Э.В., Целлермаер В.Я. Электростимулированная пластичность металлов и сплавов. – М.: Недра. 1996. – 290 с.
2. Electromagnetic fields effect on the structure and characteristics of materials (Book of the International seminar articles, 19 – 21 May 2009, Institute for Machines Science of the Russian Academy of Sciences Moscow), Ed. by Yu. Baranov, V. Gromov, G. Tang, Novokuznetsk, «Novokuznetskii Polygraphic Center». – 2009. – 380 p.
3. Кузнецов, В. А. Генератор мощных токовых импульсов / В. А. Кузнецов, Ю. Д. Жмакин, С. В. Коновалов и др. // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2008. – № 6. – С. 51 – 53.

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 661.665:621.793.3

В.В. Руднева, Г.В. Галевский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НАНОПОРОШКОВ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Разработаны научные основы процессов карбидообразования при плазменной восстановительной переработке и модифицировании кремнийсодержащих сырья и материалов и инновационная технология плазмометаллургического производства нанокарбида кремния, обладающая значительными конкурентными преимуществами по сравнению с базовой. Установлены в процессах формирования конструкционной керамики, композиционного хромирования и электровзрывного легирования сталей технологические преимущества и условия обеспечения нового качества изделий и покрытий, достигаемые при использовании нанокарбида кремния.

The scientific bases and innovative technologies of plasmametallurgic industry of nanopowder carbide silicon and its effective application in structure of technical ceramics and sheetings are developed.

Введение

Производство карбида кремния является одним из важнейших в структуре современной металлургии. Сочетание исключительных теплофизических, механических и физико-химических свойств карбида кремния делает его уникальным материалом для многих отраслей техники и предопределяет такие основные направления применения, как материалы на связках, керамика, композиционные материалы и покрытия. Мировое производство карбида кремния составляет около 800 тыс. т в год. Крупнейшими сферами использования карбида кремния являются металлургия (около 45 % мирового спроса), производство абразивов (до 30 %) и огнеупоров (до 25 %) [1]. Пока маломасштабными по фактическому объему (менее 1 %), но интенсивно развивающимися и имеющими высокую стоимостную оценку, являются рынки сбыта карбидокремниевых порошко-

вых материалов: микронизированного порошка с размером частиц менее 1 мкм (т.н. «микронизированный карбид») для керамики и нанопорошка с размером частиц менее 100 нм (т.н. «нанокарбид») для высококачественных конструкционной и ударопрочной керамики и гальваники. Введение в обращение карбида кремния в виде нанокарбида открывает новые направления его применения, в том числе для поверхностного и объемного модифицирования металлических сплавов и полимеров, создания специальных красочных составов и др. Производителями микронизированного карбида являются предприятия мировых лидеров – компаний «Saint – Gobian» и «Exolon – ESK». Среди производителей нанокарбида – научно-производственные фирмы «Токуо Текко Со» (Япония), «Hefei Kaier Nanotechnology & Development Ltd. Co» (Китай), «NEOMAT Co» (Латвия).

Сопоставление различных технологий получения карбидокремниевых порошков свидетельствует о том, что для достижения наноуровня в первую очередь востребованы технологии, основанные на применении высококонцентрированных энергетических потоков для газификации сырья и формирования целевого продукта при конденсации из газовой фазы. Среди подобных технологий плазменный способ, обеспечивая результаты, качественно сопоставимые с достигаемыми, например, при лазерном и электронно-лучевом воздействиях, отличается сравнительной простотой реализации и является из данной группы методов наиболее изученным и конкурентоспособным [2]. Аппаратурное оформление плазменных процессов многообразно, однако по потребляемой мощности и, следовательно, по производительности при переработке дисперсного сырья одно из ведущих мест занимают многоструйные прямоточные реакторы, вышедшие на промышленный уровень.

Целью настоящей работы явилось развитие и совершенствование известной [1-3] технологии производства нанокарбида кремния восстановлением и карбидизацией микрокремнезема пропаном в условиях плазменного потока, генерируемого трехструйным прямоточным реактором, для чего решались следующие задачи:

- исследование и совершенствование плазменного реактора;
- термодинамический и кинетический анализы процессов синтеза и модифицирования карбида кремния и карбидсодержащих композиций;

- разработка инновационной технологии производства нанокарбида кремния, включающей плазменный синтез с использованием нового кремний- и углеродсодержащего сырья и плазменное модифицирование (обработку в плазменном потоке) карбидсодержащих микропорошков;

- оценка эффективности применения нанокарбида кремния в технологии композиционных электроосаждаемых покрытий (КЭП), конструкционной керамики, электровзрывного легирования (ЭВЛ) сталей.

При проведении теоретических и экспериментальных исследований были получены следующие результаты [4].

Исследование и совершенствование трехструйного плазменного реактора

Проведено теплотехническое обследование промышленного реактора мощностью 150 кВт, включающее определение теплового КПД плазмотронов, достигаемого уровня теплосодержания плазменного потока на входе в реактор, массы генерируемого с требуемым уровнем теплосодержания плазмообразующего газа. Установлено, что в области промышленного уровня мощности 150-250 кВт тепловой КПД плазмотронов не превышает 0,50; достаточная для процессов карбидообразования удельная энтальпия 7,5-8,5 МДж/кг достигается при мощности плазмотронов 80-150 кВт; увеличение мощности от 80 до 150 кВт обеспечивает увеличение массы генерируемого газа с требуемым уровнем теплосодержания в 2 раза. Это свидетельствует об оптимальном сочетании у реактора мощностью 150 кВт теплового КПД плазмотронов, требуемых теплосодержания и массы плазмообразующего газа. Дальнейшее повышение уровня мощности представляется нецелесообразным, поскольку при возможном конструктивном выборе плазмотронов не обеспечивает требуемого теплосодержания плазменного потока.

Проведена оценка эффективности тепловой защиты канала реактора мощностью 150 кВт футеровкой из диоксида циркония. Установлено, что переход от гарнисажной футеровки из диоксида кремния к искусственной из диоксида циркония обеспечивает в среднем повышение температуры плазменного потока на 10 %, а температуры внутренней поверхности футеровки на 20 %.

Исследован теплообмен плазменного потока с теплоизолированными футеровкой из диоксида циркония стенками канала реак-

тора для условий без ввода и с вводом кремнийсодержащего сырья в плазменный поток с расходной массовой концентрацией 0,15 кг/кг при значениях числа Рейнольдса 700-1500. Для реактора мощностью 150 кВт и внутренним диаметром 0,054 м установлена высокая интенсивность теплообмена на начальном участке длиной до 4-х калибров, характерная для турбулентного режима течения, получены критериальные зависимости для расчета коэффициента теплоотдачи вида $St = 0,595 \cdot Re_{f,x}^{-0,421} \cdot Pr_{f,x}^{-0,05}$ без ввода сырья и $St = 0,524 \cdot Re^{-0,424} \cdot Pr_{f,x}^{-0,05}$ с вводом сырья. Показано, что футеровка канала снижает теплоотдачу от плазменного потока на начальном участке реактора на 20 %, а введение в плазменный поток сырья – на 15 %, что обуславливает необходимость обязательного учета этих факторов при проведении прогнозных модельно-математических исследований взаимодействия плазменного и сырьевого потоков.

Исследованы условия ввода высокодисперсного сырья в плазменный поток. Установлено, что минимальные потери сырья при максимальной эффективности его переработки достигаются при углах наклона плазменных струй к оси камеры 30° и 45° и подаче в нее сырья со скоростью (11,25-5,00) м/с через водоохлаждаемую фурму с внутренним диаметром 0,008-0,012 м, входное отверстие которой удалено на расстояние 0,50-1,0 калибра от точки соударения плазменных струй.

Термодинамический и кинетический анализы процессов синтеза и модифицирования карбида кремния и карбидсодержащих композиций

На основе анализа температурной зависимости равновесных составов газообразных и конденсированных фаз систем C-H-N, Si-C-O-H-N, Si-C-H-N, Si-C-O-N, Si-C-N, Si-N, Si-N-H определены условия карбидообразования для процессов синтеза карбида кремния восстановлением кремнезема метаном, карбидизации кремния метаном, плазменной обработки кремнезем-углеродной композиции, модифицирования карбида и карбидонитридной композиции. Установлено, что процессы карбидообразования характеризуются следующими равновесными показателями и особенностями:

- степень превращения кремния в карбид SiC составляет 96 % в системах Si-C-O-H-N и Si-C-O-N и 100 % в системах Si-C-H-N и Si-C-N;

- образование карбида SiC по газофазным химическим реакциям термодинамически возможно при формировании состава газовой фазы, обеспечивающего газификацию углерода в интервале температур 3000-4000 К в соответствии с закономерностями высокотемпературных взаимодействий в системе C-H-N; в связи с этим исследуемые процессы подразделяются на две группы, требующие для своей реализации азотной или азотно-водородной плазмы;

- при замене в процессах восстановительного синтеза и карбидизации пропана метаном, т.е. при уменьшении соотношения C : H от 0,375 до 0,25 создаются реальные технологические предпосылки для осуществления синтеза карбида кремния в условиях, исключающих необходимость избытка водорода и использования азотно-водородной плазмы; избыток водорода приводит к перераспределению содержащегося в системах углерода между углерод-водородными и азот-углерод-водородными соединениями, что снижает вероятность получения карбида кубической алмазоподобной модификации;

- в процессах плазменной обработки кремнезем-углеродной композиции, модифицирования карбида и карбидонитридной композиции использование азотно-водородной плазмы представляется обязательным условием, обеспечивающим газофазный характер реакций карбидообразования.

На основе анализа температурной зависимости состава газообразных и конденсированных продуктов исследованы процессы плазменного пиролиза пропана и метана и определены следующие макрокинетические факторы и условия газификации и конденсации содержащегося в них углерода:

- степень превращения углерода сырья в газообразные соединения определяется такими факторами, как составы и массовое соотношение углеводородов и газа - теплоносителя, температура и температурный фактор плазменного потока;

- пиролиз пропана в крупнолабораторном реакторе мощностью до 80 кВт с не теплоизолированным каналом при массовом расходе, соответствующем стехиометрическому для карбидообразования, протекает с преимущественным развитием газификации углерода при температуре 3800-4500 К, требует для достижения степени конверсии в циановодород 0,90-0,98 сложной по составу и генерации азотно-аммиачно-водородной плазмы и характеризуется образовани-

ем пиролитического углерода во всем исследуемом интервале температур, что обуславливает практически нерегулируемое и близкое для различных условий пиролиза неуправляемое содержание пиролитического углерода в газообразных продуктах, составляющее $(2-3) \cdot 10^{-3}$ кг/м³ и соответствующее минимальному содержанию свободного углерода в карбиде кремния на уровне 1,5-2,0 % масс.;

- пиролиз пропана и метана в промышленном реакторе мощностью 150 кВт с каналом, футерованным диоксидом циркония, при массовом расходе углеводородов, соответствующем 1,5-кратному избытку восстановителя для карбидообразования, в плазменном потоке азота в области температур 2500-4500 К протекает с развитием двух конкурирующих процессов – газификации и конденсации углерода сырья, достижением степени превращения углерода в циановодород в области температур 3000-4500 К 0,82-0,96 для метана и 0,70-0,84 для пропана и концентрации пиролитического углерода в газовой фазе $(5,0 - 1,5) \cdot 10^{-3}$ кг/м³ для метана и $(12,7 - 7,0) \cdot 10^{-3}$ кг/м³ для пропана, существенным образом зависящей от температурного фактора плазменного потока;

- показатели пиролиза метана в азотной плазме при массовом расходе, соответствующем 1,5-кратному избытку для карбидообразования, сопоставимы с показателями пиролиза пропана в азотно-аммиачно-водородной плазме при массовом расходе, соответствующем стехиометрическому для карбидообразования: в соответствии с установленными закономерностями процессов пиролиза применение метана как альтернативного пропану углеводорода - восстановителя и карбидизатора с более высоким соотношением водорода к углероду представляется научно и технологически целесообразным и обоснованным.

Для промышленных условий плазмометаллургического синтеза карбида кремния осуществлено многовариантное модельно-математическое исследование макрокинетических параметров испарения дисперсного сырья. Установлено, что макрокинетические условия плазменного испарения кремнийсодержащего дисперсного сырья определяются такими факторами, как энергетические и гидродинамические характеристики плазменного потока, крупность частиц и их теплофизические свойства, массовая расходная концентрация, т.е. факторами, от которых зависит степень испарения сырья. Полное испарение частиц диоксида кремния достигается при

крупности 5-15 мкм и начальной температуре потока 5400 К. При крупности 5 мкм возможно достижение оптимальной загрузки реактора – 0,11 кг/кг. Экспериментально определенная степень восстановления на 5-10 % ниже расчетной, что объясняется полидисперсностью сырья и неизотермичностью плазменного потока. При экстремальных энергетических параметрах плазменного потока, соответствующих начальной температуре 5400 К, возможно испарение частиц кремния крупностью до 10 мкм, углерода (графита) – до 1 мкм, бора – до 3 мкм, карбида кремния – до 5 мкм, нитрида кремния – до 1 мкм.

Проведенные термодинамические и кинетические исследования позволяют выбрать для синтеза карбида кремния и карбидсодержащих композиций сырьевые материалы и сформулировать ряд требований, которым они должны удовлетворять.

Инновационная технология производства карбида кремния

Экспериментальные исследования процессов плазменного синтеза карбида кремния восстановлением микрокремнезема SiC (1), карбидизацией кремния SiC (2), восстановлением шунгита SiC (3) и плазменного модифицирования карбида SiC (4), нитрида кремния и карбидонитридной композиции позволили получить следующие математические модели, описывающие зависимость содержания карбида кремния в продуктах синтеза и модифицирования (в % масс.) от основных параметров:

$$[\text{SiC (1)}] = 67,84 + 0,0075 \cdot T_0 - 0,0127 \cdot T_3 - 0,248 \cdot \{\text{CH}_4\} + 0,00012 \cdot T_3 \cdot \{\text{CH}_4\};$$

$$[\text{SiC (2)}] = 86,50 + 0,00273 \cdot T_0 - 0,0064 \cdot T_3 - 0,144 \cdot \{\text{CH}_4\} + 0,00007 \cdot T_3 \cdot \{\text{CH}_4\};$$

$$[\text{SiC (3)}] = 55,70 + 0,0090 \cdot T_0 - 0,0080 \cdot T_3 - 0,254 \cdot \{\text{CH}_4\} + 0,102 \cdot \{\text{H}_2\};$$

$$[\text{SiC (4)}] = 82,28 + 0,0035 \cdot T_0 - 0,0049 \cdot T_3 - 0,283 \cdot \{\text{CH}_4\} + 0,412 \cdot \{\text{H}_2\},$$

(в уравнениях T_0 – начальная температура плазменного потока (5200-5400 К); T_3 – температура закалки (2000-3000 К); $\{\text{CH}_4\}$, $\{\text{H}_2\}$ – количество вводимых в реактор углеводородов (1-1,5-ный избыток для SiC (1) и SiC (2); 0,1-0,5-ный недостаток для SiC (3), 1,0-2,5 % от объема плазмообразующего газа для SiC (4); водорода 1,0-1,5-ный избыток для газификации углерода шунгита для SiC (3), 0-20 % от объема плазмообразующего газа для SiC (4)).

Была проведена комплексная физико-химическая аттестация полученного наноразмерного порошка карбида кремния, включающая изучение кристаллической структуры и микроискаженности решетки, фазового и химического составов, дисперсности и морфо-

логии частиц. Установлено, что карбид кремния синтезирован в виде тройного соединения $\text{SiC}_{0,95}\text{N}_{0,05}$, представляющего собой твердый раствор замещения атомов углерода атомами азота в решетке β -SiC. Содержание азота в нем зависит от температуры закалки и может достигать 6,2 % масс. Содержание в продуктах синтеза карбида кремния составляет, % масс.: 85-87 для SiC (1), 91-92 для SiC (2), 80-82 для SiC (3), 90-92 для SiC (4). Сопутствующими фазами являются оксиды, несвязанные углерод и кремний. Карбид кремния в наноразмерном состоянии представлен частицами, ограниченными в форме куба либо октаэдра, с тенденцией к округлению ребер и вершин, формированию выпуклых граней. Синтезированные нанопорошки карбида кремния характеризуются размерами частиц 61-65 нм для SiC (1), 53-58 нм для SiC (2), 65-67 нм для SiC (3), 58-61 нм для SiC (4). Нанодисперсное состояние обуславливает так называемые размерные эффекты, проявляющиеся в нестабильности для частиц размером менее 50-60 нм четкой огранки, характерной для массивных кристаллов, в уменьшении на 0,0003-0,0005 нм по сравнению с массивными порошками периода кристаллической решетки и в высокой микроискаженности нанопорошков, возрастающей при изменении среднего размера частиц от 68 нм до 42 нм от $(0,19 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$ до $(0,51 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$.

Исследование особенностей карбидообразования при восстановительном синтезе и модифицировании карбида кремния в плазмометаллургическом реакторе для четырех кремний-углеродсодержащих систем с использованием различных видов сырья – «твердое – газообразное», «твердое – твердое» и типов процессов – «синтез» и «модифицирование» для условий азотного и азотно-водородного плазменного потока промышленного реактора позволило выявить общий для всех систем одноканальный вариант механизма образования нанокарбида кремния с участием паров кремния и циановодорода по схеме «пар – кристалл» и предложить обобщенные гипотетические схемы карбидообразования, включающие высокотемпературную зону 5400-3200 К, ограниченную начальной температурой плазменного потока, в которой происходит формирование реакционной смеси, обусловленное процессами испарения, диссоциации и восстановления диоксида кремния и кремнеземсоставляющей шунгита, кремния, карбида кремния, пиролиза метана, «газификации» углерода; более низкотемпературную зону 3200-

2800 К, ограниченную температурным интервалом, внутри которого происходит значительное снижение концентрации циановодорода, в которой протекают процессы карбидообразования при взаимодействии в газовой фазе; зону азотирования частиц карбида кремния 2800-2000 К. Эти взаимодействия дополняются поверхностным насыщением нанодисперсных продуктов технологическими газами.

В работе исследован также процесс плазменного модифицирования нитрида кремния как одного из основных компонентов карбидонитридных композиций конструкционного назначения, включающий введение его микропорошка М2 в плазменный поток азота с начальной температурой 5400 К, плазмообработку и закалку при температуре 1600 К. Установлено, что продуктом плазменного модифицирования является нитрид кремния в нанодисперсном состоянии, представленный смесью α - и β -фаз. Выявлен двухканальный механизм диспергирования исходных нитридных частиц: термическое растрескивание с появлением локальных участков новой фазы (вероятно, кремния) с сохранением β - Si_3N_4 и испарение, диссоциация с последующей конденсацией по схеме «пар – кристалл» с образованием α - Si_3N_4 . Подтверждена возможность повышения окислительной устойчивости модифицированного нитрида кремния при добавке в плазменный поток азота углеводородов (метана) в количестве 0,40-1,20 % об. от объема газа - теплоносителя. Определены оптимальные значения технологических факторов и основные характеристики модифицированного нитрида кремния: содержание основной фазы – до 91,50 % масс.; кремния и свободного углерода – до 1,10 и 0,80 % масс. соответственно, оксидов (в пересчете на SiO_2) – до 6,40 % масс., удельная поверхность 42000-43000 $\text{m}^2/\text{кг}$, размер частиц 53-55 нм.

Оценка эффективности применения нанокарбида кремния в технологии КЭП на основе хрома, конструкционной керамики, ЭВЛ сталей

Результаты исследований позволили установить технологическую целесообразность использования для композиционного упрочнения нанокарбида кремния, получаемого по варианту SiC (2) карбидизацией микропорошка кремния метаном, и варианту SiC (4) плазменным модифицированием особо тонкого микрошлифпорошка, с удельной поверхностью 37000-38000 $\text{m}^2/\text{кг}$, содержащего свободного (несвязанного в карбид) углерода в количестве не более

0,05-0,06 % масс. Показано также, что наносостояние карбида кремния обеспечивает при композиционном хромировании по сравнению с обычным повышение в 1,6-2,0 раза верхнего предела допустимой катодной плотности тока, смещение по сравнению с микропорошком интервала насыщения металлической матрицы в область более низких концентраций (содержание нанопорошка в матрице снижается в 1,3-2,0 раза, концентрация его в электролите – в 10-20 раз), повышение микротвердости в 1,8-1,9 раза и при изменении концентрации наноразмерного порошка в матрице от 0,15 до 0,45 % масс. в 1,25-2,5 раза повышение коррозионной стойкости в жидких средах в 1,3-1,5 раза. Достигнутые результаты свидетельствуют о формировании практически беспористых покрытий с повышенной твердостью, сопротивлением износу и коррозии в жидких и газовых средах, отсутствием трещиноватости. Для оценки возможности замены нанокарбидом кремния наноалмазов проведено сопоставление характеристик хром-карбидных и хром-алмазных электроосаждаемых покрытий. Установлено, что хром-карбидные покрытия имеют сопоставимые с хром-алмазными износостойкость, микротвердость, коррозионную стойкость, более высокий (на 70-100 %) срок службы при эксплуатации в условиях температур выше 473-573 К, достигаемые при более низких концентрациях нанокарбида в электролите, составляющих 7-8 кг/м³ по сравнению с 20 кг/м³ для наноалмаза, и существенном (в 5-6 раз) снижении стоимости 1 м³ электролита – суспензии.

Для получения керамических заготовок и изделий простой формы опробована технология твердофазного спекания нанокарбида кремния, включающая термообработку его в вакууме при 1073 К, смешивание с пластификатором и прессование при давлении 50 МПа, отжиг в течении 2-х часов в аргоне при давлении 0,1 МПа и температуре 2273 К. Установлено, что соблюдение предлагаемой технологии обеспечивает относительную плотность после формования 0,62-0,63, после спекания 0,95-0,96 и стабильную усадку 26-29 %. Выявлены для нанокарбида кремния такие технологические преимущества, как исключение стадий введения в шихту органических соединений, их карбонизации для получения равномерно распределенного реакционноспособного углерода, введения бора, перемешивания, что упрощает и удешевляет технологию твердофазного спекания.

Для стали X12 установлено [5], что при введении нанокарбида в зону взрыва в количестве 25 % от массы взрываемого проводника (алюминиевой фольги) при воздействии струи на поверхность в течении 100 мкс, эффективном значении поглощаемой плотности мощности $6,0 \text{ гВт/м}^2$, динамическом давлении 14,2 МПа глубина зоны легирования достигает 20 мкм. Оплавление и насыщение поверхностных слоев стали продуктами взрыва, содержащими наночастицы карбида кремния, с последующей самозакалкой расплава приводит к образованию в них аустенитной структуры. Зона легирования обладает высокой микротвердостью и устойчивостью одновременно как против абразивного изнашивания, так и против высокотемпературного окисления в атмосфере воздуха: после обработки микротвердость возросла в среднем в 2,8 раза, увеличение износостойкости составило 8 раз, жаростойкости при температурах 1073, 1123, 1173 К – 9, 3,5 и 2 раза соответственно. Достигнутые результаты позволяют рекомендовать нанокарбид кремния для применения в технологии ЭВЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский; Т. 3. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для конструкционной керамики / В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2007. – 210 с.
2. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский; Т. 1. Микрокремнезем в производстве карбида кремния / О.А. Полях, В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2007. – 248 с.
3. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский; Т. 2. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для гальванотехники / О.А. Полях, В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2007. – 190 с.
4. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский ; дополнительный том. Плазмометаллургическое производство карбида кремния: развитие теории и совершенствование технологии / В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 387 с.
5. Цвиркун О.А. Упрочнение и защита поверхности стали X12 электро-взрывным легированием / О.А. Цвиркун, Е.А. Будовских, В.В. Руднева, В.Ф. Горюшкин, В.Е. Громов // Журнал функциональных материалов. – 2007. – Т. 1. – № 3. – С. 117-119.

УДК 661.655'685

Г.В. Галевский, В.В. Руднева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ БОРИДОВ В ПРОЦЕССАХ ПЛАЗМЕННОГО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СИНТЕЗА

Исследованы закономерности формирования частиц боридов ванадия, титана, хрома, циркония в процессах плазменного восстановительного синтеза.

The regularities of particles' formation of borides in plasma reducing synthesis processes are examined.

Введение

Сопоставление различных технологий получения порошков тугоплавких боридов свидетельствует о том, что для достижения наноуровня в первую очередь востребованы технологии, основанные на применении высококонцентрированных энергетических потоков для газификации и формирования целевого продукта при конденсации из газовой фазы. Среди подобных технологий плазменный способ, обеспечивая результаты, качественно сопоставимые с достигаемыми, например, при лазерном и электронно-лучевом воздействиях, отличается сравнительной простотой реализации и является из данной группы методов наиболее изученным и конкурентоспособным. В течение последних 15 лет все зарубежные фирмы, заявившие о себе как потенциальных поставщиках нанопорошков тугоплавких боридов – «Nanostructured & Amorphous Materials, Inc.» (США), «Hefei Kaier Nanotechnology & Development Ltd Co» (Китай), «NEOMAT CO» (Латвия), «PlasmaChemGmbH» (Германия) – осуществляют их производство на основе плазмоструйных процессов.

В плазмоструйной технологии производства нанопорошков по потребляемой мощности и, следовательно, по производительности при переработке дисперсного сырья одно из ведущих мест занимают многоструйные прямоточные реакторы, вышедшие на промышленный уровень. Опыт эксплуатации реакторов такого ти-

па свидетельствует о целесообразности использования трехструйного реактора с равномерным распределением дуговых плазмотронов по окружности, углом наклона плазменных струй к оси реактора $30-45^\circ$ и тепловой защитой интенсивно охлаждаемых стенок. Такой реактор, оборудованный тремя дуговыми плазмотронами ЭДП-104А суммарной мощностью 150 кВт, с каналом, теплоизолированным цилиндрическими вставками из диоксида циркония с толщиной стенки 0,005 м, при внутреннем диаметре 0,054 м и расходе плазмообразующего газа $9,0 \cdot 10^{-3}$ кг/с генерирует плазменный поток с начальным теплосодержанием 7,5-8,0 МДж/кг, что соответствует среднемассовой температуре 5400-5500 К [1]. В реакторе такого типа время пребывания реагентов, продуктов их разложения и взаимодействия не превышает 25 миллисекунд, что ограничивает применение известных методов экспериментального исследования процессов боридообразования. В этих условиях традиционно используются секционное калориметрирование реактора для определения среднемассовой температуры потока и её распределения по длине реактора и зондовая диагностика, основывающаяся на отборе проб конденсата и газовой фазы из различных температурных зон реактора интенсивно охлаждаемым зондом (расход воды 0,045 кг/с), выполненным в виде трубки с внутренним диаметром 0,003 и длиной 0,5, что обеспечивает скорость закалки продуктов зондирования порядка 10^5 градусов/с.

Проведенное авторами моделирование взаимодействия сырьевого и плазменного потоков, равновесных составов продуктов взаимодействия и зондирование потока позволяет представить процесс боридообразования в виде обобщенной схемы, включающей высокотемпературную зону, ограниченную начальной температурой плазменного потока 5400-5500 К, в которой происходит формирование реакционной смеси, обусловленное процессами испарения, диссоциации и восстановления оксидов, пиролиза метана, «газификации» бора; более низкотемпературную зону, ограниченную температурным интервалом, внутри которого происходит значительное снижение концентрации газообразных борсодержащих соединений и образование боридов; зону взаимодействия боридных частиц с технологическими газами. Таким образом, реализуемый при плазменном синтезе режим охлаждения охватывает зоны потока, существенно отличающиеся по характеру протекающих в них

процессов, тепловым и газодинамическим условиям. Это позволяет предположить различные механизмы формирования в них нанодисперсных частиц тугоплавких боридов.

Анализ процессов, протекающих в парогазовой реакционной смеси при ее охлаждении

Распространяя на процессы, протекающие в условиях, когда

$$T_p(\tau) \gg T_{пл.}(d), \quad (1)$$

$T_p(\tau)$ и $T_{пл.}(d)$ – соответственно температура реагирующей смеси в момент времени τ и температура плавления частицы диаметром d , развитые в [2] положения об объемной конденсации частиц аэрозольного размера, основанные на представлении о гетерогенной структуре пересыщенного пара, зародышеобразовании кластерным путем с участием нейтрального газа в качестве переносчика энергии и росте частиц коагуляцией кластеров, а также используя данные термодинамического анализа соответствующих боридообразующих систем, свидетельствующие об устойчивости одноатомных паров металлов, можно предположить протекание процесса формирования боридных частиц через стадию конденсации металлического аэрозоля. При этом внесение бора в растущие частицы может происходить как в результате поверхностных реакций продуктов термического распада борсодержащих веществ при совместном осаждении металла и бора, так и в результате диффузии бора в массу сформировавшейся металлической частицы, причем последний путь представляется не менее достоверным особенно ввиду известного размерного эффекта коэффициента диффузии в малых частицах [3].

При понижении температуры следует ожидать дальнейшего роста частиц. Можно предположить, что в условиях, когда

$$T_p(\tau) \geq T_{пл.}(d) \quad (2)$$

формирование дисперсного состава целевых продуктов будет определяться закономерностями процесса капельно-жидкой коалесценции. Поскольку взаимодействие частиц с размером 5-1000 нм в потоке с температурой 4000-1000 К при давлении порядка 0,1 МПа может рассматриваться при значениях чисел Кнудсена более 10 как свободномолекулярное, то дисперсный состав получаемого порошка может быть оценен, исходя из асимптотических решений

уравнений коалесценции [2]. В этом случае средний размер \bar{d} частиц определяется соотношением:

$$\bar{d} = A (c_0 \cdot T^{-0,5} \cdot \tau)^{0,33}, \quad (3)$$

где c_0 – массовая доля конденсированного компонента; τ – время; T – температура осаждения; A – коэффициент, зависящий от физических свойств конденсированной фазы.

При температурах $T_p(\tau) < T_{пл.}(d)$ следует ожидать перехода от капельно-жидкой коалесценции на агрегативную коагуляцию. Зона коагуляции обычно ограничивается условной изотермой $0,7 T_{пл.}$ [4]. При коагуляции возможно увеличение среднего размера частиц за счет их спекания. Однако теоретическая оценка этого эффекта может быть проведена лишь при известных кинетических характеристиках и их сопоставлении с реальным временем пребывания нанодисперсной системы в реакционной зоне.

Проведенный анализ свидетельствует о недостаточной изученности физико-химических явлений, определяющих процессы образования конденсированных фаз, особенно тугоплавких боридов, что определяет сугубо оценочный характер результатов их теоретического моделирования и делает эмпирический подход в настоящее время наиболее информативным методом исследования, выявляющим основные факторы, управляющие дисперсностью. Представляется, что при реализации применяемого способа охлаждения реакционной смеси таким фактором является в первую очередь температура потока, поскольку другой важный фактор – массовая концентрация в потоке конденсата – в процессах плазменной переработки порошкообразного сырья всегда поддерживается близкой к максимальному. Поэтому целью настоящей работы является исследование макрокинетики и механизма роста частиц в плазменном потоке, включающее изучение морфологии частиц, распределения их по размерам и температурной зависимости среднего размера, представляющее важную научно-техническую задачу, требующую обязательного решения при разработке и освоении новых процессов плазменного синтеза.

Макрокинетика и механизм роста частиц тугоплавких боридов в плазменном потоке

Для исследования закономерностей роста частиц карбидов в

условиях плазменного потока применялся метод зондового отбора порошковых проб из различных температурных зон канала реактора, ограничивающего плазменный поток, описанный в [1]. На каждом уровне при перемещении зонда с шагом $5 \cdot 10^{-3}$ м отбиралось не менее 25 проб, которые исследовались методом БЭТ и электронной просвечивающей микроскопии. Анализ гранулометрического состава порошковых проб проводился методом статистического об-счета фотографий. При этом средний диаметр частиц определялся по величине удельной поверхности.

В области температуры, ограниченной температурой плавления, распределение частиц по размерам, приведенное для диборида циркония на рисунке 1, характеризуется наличием переднего кру-того фронта, свойственного дисперсной фазе, образующейся по механизму гомогенного зародышеобразования.

в условиях сильного пересыщения паров реагентов [5-6]. На-блюдаемая полидисперсность систем может быть объяснена влия-нием гетеромолекулярных центров конденсации [7]. Дальнейший рост частиц осуществляется преимущественно по механизму жид-ко-капельной коалесценции, о чем свидетельствует форма частиц, близкая к сферической.

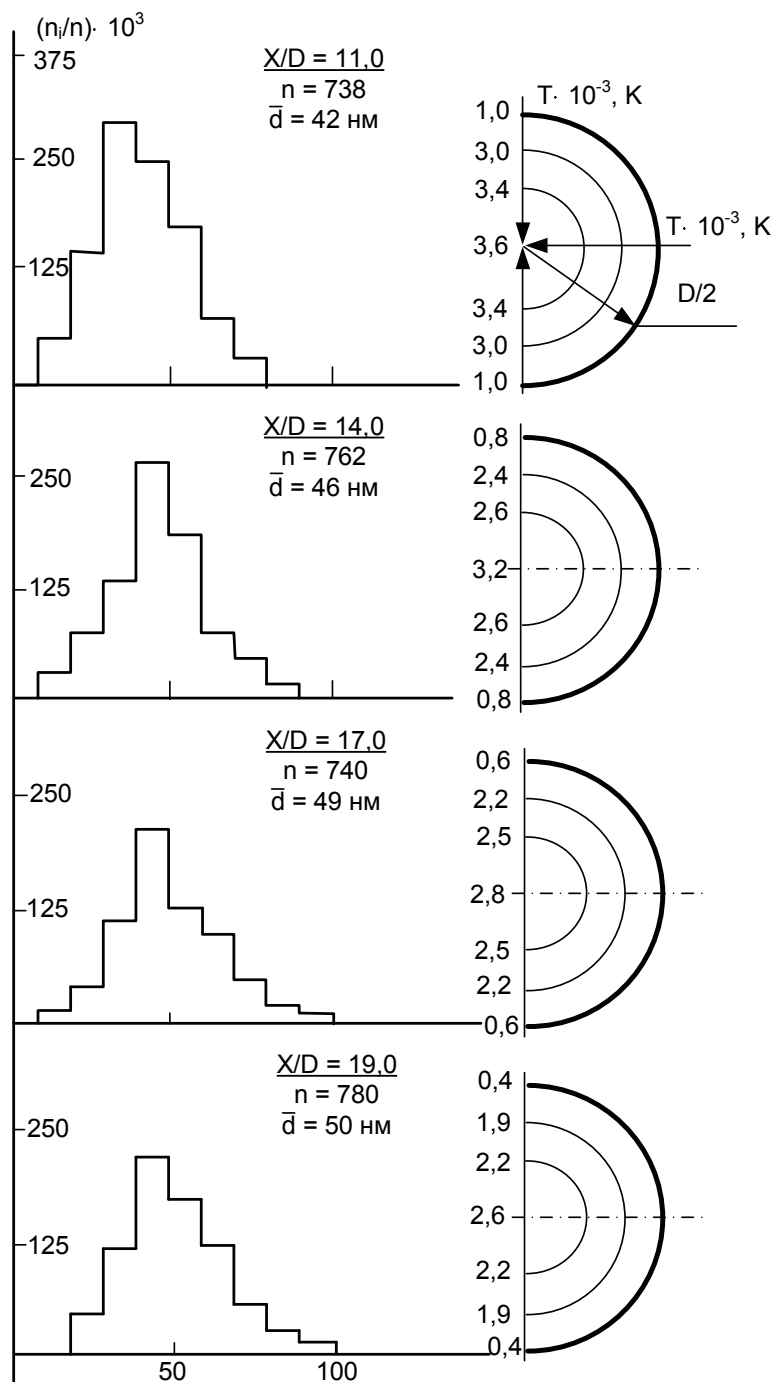
При температурах ниже температуры плавления происходит дальнейшее укрупнение боридных частиц. При этом по длине ис-следуемой температурной зоны средний размер частиц возрастает, а линейная скорость роста падает (рисунок 2). Линейная скорость роста частиц составляет $(1,5-3,0) \cdot 10^{-6}$ м·с⁻¹. Средний размер частиц изменяется с температурой по закону (см. таблицу):

$$\bar{d} \sim T^{-(0,47 \div 1,20)}. \quad (5)$$

Подобный характер температурной зависимости достаточно хорошо согласуется с основными положениями теории твердофаз-ного спекания тугоплавких соединений, устанавливающими корр-еляцию между способностью к спеканию, природой соединения, определяемой преобладающим типом химической связи, и размер-ными характеристиками системы [8].

Наблюдаемое укрупнение частиц сопровождается изменением гранулометрического состава порошков боридов, о чем свидетель-ствует анализ гистограмм порошковых проб диборида циркония, отобранных из канала реактора при различных температурах пото-

ка (рисунок 1). Отмечается смещение максимумов распределения в сторону больших размеров.



n – число частиц; \bar{d} – средний размер частиц, нм; D – внутренний диаметр канала реактора, м; X – его осевая координата, м; T – среднemasсовая температура плазменного потока, К

Рисунок 1 – Дифференциальное распределение по размерам частиц диборида циркония

Распределение характеризуется также асимметрией со стороны больших размеров, усиливающейся по мере снижения темпера-

туры. Подобный характер эволюции распределения свидетельствует о преимущественном росте частиц по механизму агрегативной коагуляции, а экспериментально установленный факт стабильности агрегатов, не разрушающихся при воздействии ультразвука, позволяет предположить протекание в них процессов спекания.

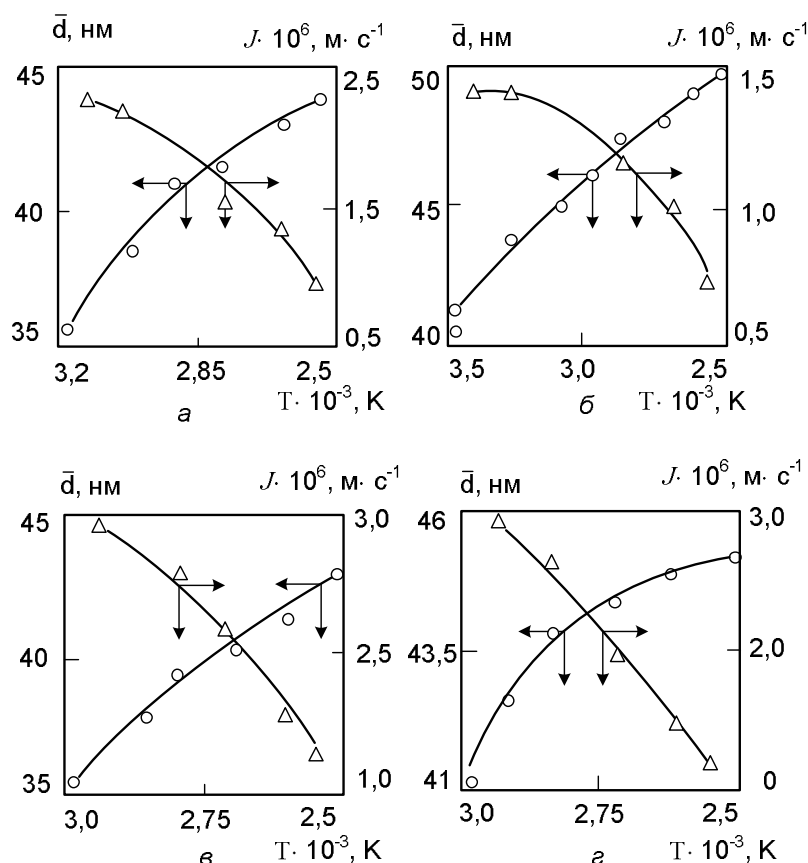


Рисунок 2 – Зависимость среднего размера частиц (\bar{d}) и линейной скорости их роста (J) от температуры потока (T) для диборидов титана (а), циркония (б), ванадия (в), хрома (г)

Таблица – Характер температурной зависимости среднего размера частиц боридов при их росте в плазменном потоке

Соединение	Температурный интервал, К	Изменение \bar{d} , нм	Коэффициенты в уравнении $\bar{d} = A \cdot T^{-m}$	
			A	m
TiB ₂	3200-2500	36-44	$(1,46 \pm 0,025) \cdot 10^{-5}$	$0,741 \pm 0,165$
ZrB ₂	3500-2500	42-50	$(2,51 \pm 0,02) \cdot 10^{-6}$	$0,496 \pm 0,110$
VB ₂	3000-2500	35-43	$(1,20 \pm 0,02) \cdot 10^{-4}$	$1,08 \pm 0,241$
CrB ₂	3000-2500	41-45	$(2,30 \pm 0,04) \cdot 10^{-6}$	$0,471 \pm 0,105$

Заключение

Образование нанодисперсных частиц тугоплавких боридов в условиях плазменного потока происходит через стадию формирования металлического аэрозоля и его борирования. Дальнейший рост частиц осуществляется преимущественно по механизму жидкокапельной коалесценции, о чем свидетельствует форма частиц синтезированных боридов, близкая к сферической. При температурах ниже температуры плавления укрупнение боридных частиц происходит по механизму агрегативной коагуляции. Линейная скорость роста частиц составляет $(1,5-3,0) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Средний размер частиц изменяется с температурой по закону $\bar{d} \sim T^{-(0,47 \div 1,20)}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография: в 3 т. / В.В. Руднева. Дополнительный том: Плазмометаллургическое производство карбида кремния: развитие теории и совершенствование технологии. – М.: Флинта: Наука, 2008. – 387 с.
2. Лушников А.А. Современное состояние теории гомогенной нуклеации / А.А. Лушников, А.Г. Сутугин // Успехи химии. – 1976. – Т. 45. - № 3. – С. 385 – 415.
3. Размерная зависимость диффузии в малых частицах / С.П. Чижик [и др.] // Физикохимия и технология дисперсных порошков: сб. науч. тр.: ИПМ АН УССР. – Киев, 1984. – С. 121 – 125.
4. Фришберг И.В. Закономерности образования металлических порошков при конденсации пара / И.В. Фришберг // Свойства и применение дисперсных порошков: сб. науч. тр. – Киев : Наук. думка, 1986. – С. 3 – 13.
5. Сутугин А.Г. Кинетика образования малых частиц при объемной конденсации / А.Г. Сутугин // Физикохимия ультрадисперсных систем: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1987. – С. 15 – 20.
6. Формы роста ультрадисперсных порошков в плазмохимических реакциях / М.И. Айвазов [и др.] // Порошковая металлургия. – 1981. - № 3. – С. 1 – 5.
7. Каламазов Р.У. Высокодисперсные порошки вольфрама и молибдена / Р.У. Каламазов, Ю.В. Цветков, А.А. Кальков. – М.: Металлургия, 1988. – 192 с.
8. Кузенкова М.А. Спекание дисперсных порошков тугоплавких соединений / М.А. Кузенкова // Экстремальные процессы в порошковой металлургии: сб. науч. тр.: ИСМ АН УССР. – Киев, 1986. – С. 43 – 47.

УДК 661.65

Г.В. Галевский, В.В. Руднева

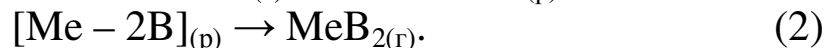
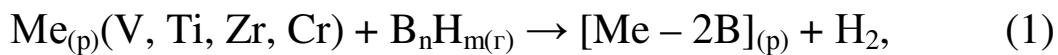
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ БОРИДООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА

Проведено экспериментальное исследование процессов боридообразования в условиях плазменного потока. Установлено, что механизм процессов боридообразования может быть представлен в виде схемы, включающей высокотемпературную зону формирования реакционных смесей и более низкотемпературную зону боридообразования, в которой кристаллизация боридов происходит из расплавов металл – бор, образующихся при борировании газообразными борводородами металлического аэрозоля, формирующегося при объемной конденсации паров металлов.

The processes of formation of borides in the plasma stream are investigated.

Экспериментально подтвержденная возможность достижения за крайне ограниченное время пребывания в плазменном реакторе реакционных смесей высоких степеней борирования [1] дает полное основание предполагать возможность реализации этих процессов по принципиально иным механизмам, существенно отличающимся от механизма традиционных твердофазных взаимодействий, сводящихся к последовательной трансформации кристаллических структур в направлении повышения содержания связанного бора. Косвенным подтверждением подобного предположения является также установленные в работе [1] зависимость степени борирования от состава газовой фазы, нехарактерное для традиционной технологии сочетание управляющих воздействий, результаты исследования фазового и химического состава продуктов синтеза, их дисперсности и морфологии. Однако подобная информация дает лишь гипотетические представления о процессах боридообразования, описываемые реакциями типа (1 – 2), и требующие для своего углубления прямых экспериментальных исследований или математического моделирования достаточно высокого уровня



Однако ввиду наложения таких известных ограничений, как сверхвысокие температуры, высокие скорости движения реакционных смесей и обусловленные этим малые времена их пребывания в реакторе, малые объемы реакционных зон – постановка и проведение экспериментальных исследований крайне затруднены. Из известных средств диагностики в настоящее время лишь зондовая позволяет реализовать традиционную методику исследования подобных процессов, предполагающую изучение температурной зависимости состава газовой фазы и твердых продуктов синтеза. Несмотря на такой существенный недостаток, как практически неконтролируемое внесение в плазменный поток локальных возмущений, вызванных интенсивным охлаждением зондов, и значительную трудоемкость исследований, обусловленную неизотермичностью потока по сечению и связанную с этим необходимость использования усредненных по сечению данных, можно, интерпретируя результаты зондирования в разумном сочетании с изученными термодинамическими и кинетическими закономерностями исследуемых процессов, получить достаточно обширную для анализа и обсуждения экспериментальную информацию, выявить некоторые каналы развития процессов боридообразования. Естественно, что формируемые с помощью подобных методов исследования представления об изучаемых процессах не являются единственными и по мере совершенствования методики и экспериментальных средств диагностики они будут и расширяться, и углубляться. Ниже приведены результаты исследования особенностей плазменных процессов боридообразования, полученные при реализации рассмотренного подхода, плодотворность которого показана ранее при исследовании плазменного синтеза карбидов в работе [2]. В этой работе подробно изложена методика экспериментального исследования, реализуемая в полном объеме при изучении карбидообразования и дополненная при исследовании процессов боридообразования определением концентрации в газовой фазе бора, связанного в борородороды, улавливаемые при пропускании отобранных для анализа газовых проб через поглотители, содержащие воду или этиловый спирт.

Исследования температурной зависимости газообразных и конденсированных продуктов плазменного синтеза проводились в интервале температур 2000 – 4000 К, что дает основание рассматривать продукты, отобранные из зон с температурой, превышающей соответствующие температуры плавления, как металлические или металл-борсодержащие расплавы. Вид температурной зависимости концентрации газообразных борсодержащих компонентов и соответствующий температурным условиям фазовый состав конденсированных продуктов синтеза для ряда боридов приведены на рисунке 1, а основные характеристики процессов боридообразования для всех синтезируемых соединений – в таблице.

Основываясь на результатах исследований и морфологических особенностях синтезируемых порошковых материалов, процессы синтеза можно представить в виде обобщенных гипотетических схем, одноканальный вариант одной из которых – для диборида титана – приведен на рисунке 2. Приведенная схема, естественно, не исчерпывает все многообразие промежуточных стадий и возможных каналов протекания реакций, имеющих место в плазменном реакторе. Тем не менее, анализ этой схемы дает возможность выявить и сопоставить конкурирующие процессы, определяющие фазовый и элементный химический состав синтезируемых боридов. Для анализа представляется целесообразным выделение в плазменном потоке ряда пространственно разделенных зон, отличающихся по температурным условиям и, следовательно, по типу процессов, получающих в них преимущественное развитие.

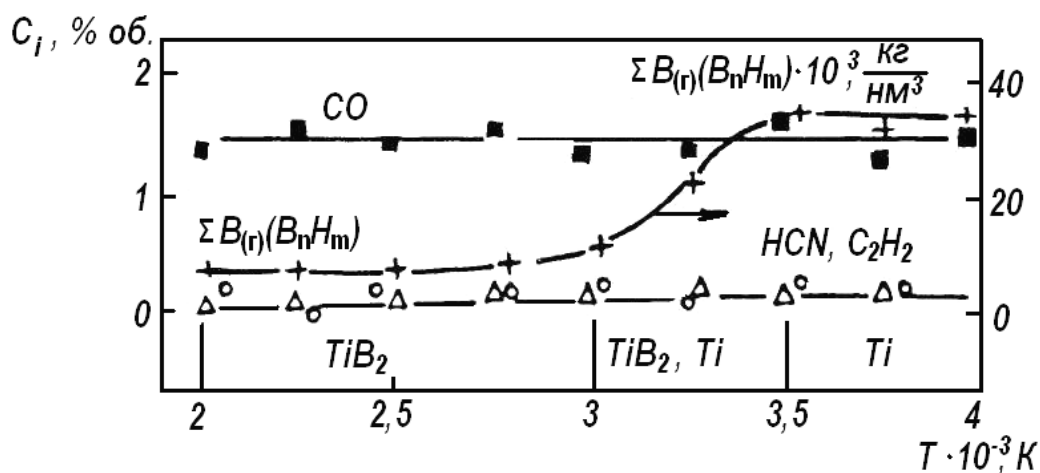


Рисунок 1 – Температурная зависимость концентрации в газовой фазе борсодержащих соединений и фазового состава продуктов боридообразования

Таблица – Основные характеристики процессов боридообразования

Борид	Температура* в зоне боридообразования, К	Фазовый состав продуктов боридообразования после закалки	Степень превращения Me в MeB_2
VB_2	3600-2700	V, VB_2	0,11-1,0**
TiB_2	3500-2900	Ti, TiB_2	0,17-1,0
ZrB_2	4000-2900	Zr, ZrB_2	0,19-1,0
CrB_2	3000-2600	Cr, CrB_2	0,08-1,0

* соответствует температурному интервалу, в пределах которого в газовой фазе наблюдалось падение концентрации борсодержащих соединений.

** степень превращения металла в диборид 1,0 принимается для образцов, дифрактограммы которых не содержат боридообразующего элемента.

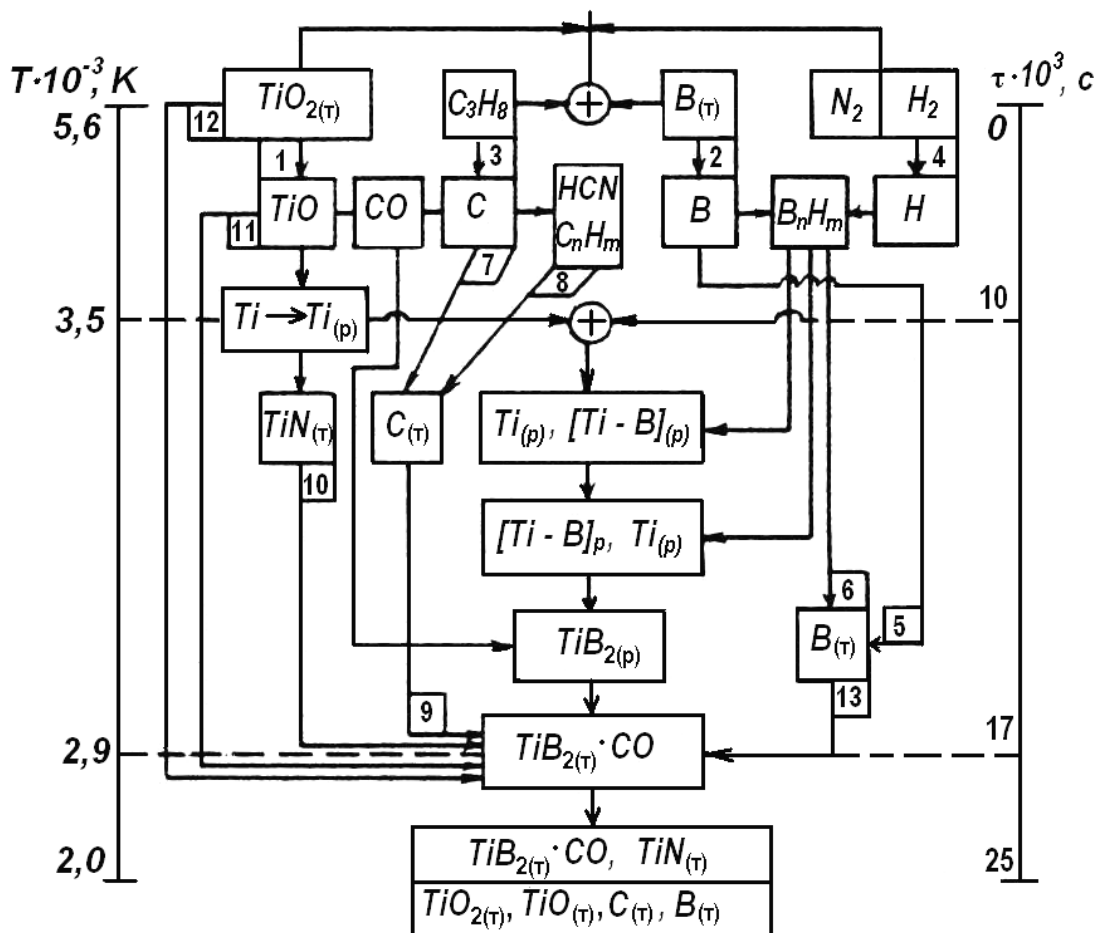


Рисунок 2 – Предполагаемая схема взаимодействия диоксида титана с углеводородом и бором в плазменном потоке азота

В первой, наиболее высокотемпературной зоне, ограниченной сверху начальной температурой плазменного потока, при синтезе всех боридов протекают однотипные процессы, обеспечивающие формирование реакционных смесей необходимых составов: испарение, диссоциация и восстановление оксидов, пиролиз углеводородов, газификация бора (для TiB_2 – процессы 1 – 4). Характерной особенностью процессов газификации оксидного сырья является образование в качестве промежуточного продукта субоксидов VO , TiO , ZrO , CrO , сопутствующих боридам при перегрузке реактора по сырью, когда получают развитие процессы 11. Эти процессы в совокупности с процессами 6 – 7 при повышенной крупности порошкового сырья и пониженной мощности дугового разряда могут оказывать существенное влияние и на фазовый состав боридов.

Во второй, более низкотемпературной зоне, ограниченной температурным интервалом, внутри которого происходит значительное снижение концентрации основного поставщика бора для боридов – борводородов, с достаточно большой вероятностью можно предполагать протекание процессов боридообразования при кристаллизации расплавов металл – бор, образующихся при борировании газообразными борсодержащими соединениями металлического аэрозоля, формирующегося при объемной конденсации паров металлов. При этом в случае синтеза боридов, не имеющих значительных областей гомогенности, в рассматриваемой зоне с понижением температуры наблюдается перераспределение соотношения между боридообразующим элементом и его расплавом, содержащим бор или соответствующим боридом в направлении полноты превращения элемента в борид.

Заключение

Механизм плазменного синтеза тугоплавких боридов существенно отличается от механизма традиционных твердофазных взаимодействий и для одноканального варианта может быть представ-

лен в виде схемы, включающей наиболее высокотемпературную зону формирования реакционных смесей, в которой протекают процессы испарения, диссоциации и восстановления оксидов, пиролиза углеводородов, газификации бора, и более низкотемпературную зону процессов боридообразования, в которой бориды кристаллизуются из расплавов металл – бор, образующихся при борировании газообразными борсодержащими соединениями (в основном борводородами) металлического аэрозоля, формирующегося при объемной конденсации паров металлов. Предложены гипотетические схемы процессов образования боридов, позволяющие выявить и сопоставить конкурирующие процессы, определяющие фазовый и элементный химический составы боридов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ноздрин И.В. Синтез, свойства и применение нанодисперсного порошка диборида хрома / И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.А. Журавлева / Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии : сб. науч. тр. / СибГИУ – Новокузнецк, 2009. – Вып. 23. – С. 127 – 130.
2. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. / науч. ред. Г.В. Галевский : дополнительный том. Плазмометаллургическое производство карбида кремния : развитие теории и совершенствование технологии / В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 387 с.

УДК 65.01:658:622

В.А. Быстров, А.Г. Уманец, Р.С. Ермолаев

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСКАВАЦИИ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ КОМПОЗИЦИОННЫМИ СПЛАВАМИ

В статье рассматриваются проблемы инновационных решений повышения производительности шагающих экскаваторов на открытых карьерах за счет упрочнения зубьев ковшей пластинами композиционного твердого сплава методом электрошлаковой наплавки

In article problems of innovative decisions of increase of productivity of walking dredges on open open-cast mines at the expense of hardening of teethes of ladles by plates of a composite firm alloy by a method electroslag building-up are considered.

Металлургическая отрасль России начинает постепенно возрождаться после мирового финансового кризиса, и достигла уровня 2005–2006 гг. Потребление кокса в тот период составляло 32,7 млн т, что требовало добычи коксующихся углей на уровне 70,3 млн т, причем на долю Кузбасса приходилось 56,5 млн т, из них открытым способом добывалось 60,8 %.

По объёмам угледобычи Россия занимает пятое место в мире после Китая, США, Индии и Австралии. Годовой объём добычи коксующегося угля в 2010 году планируется на уровне 83,9 млн тонн. Добыча угля открытым способом в России осуществляется на 63 разрезах и составляет 64,1 % общей добычи. Из угледобывающих регионов самым мощным является Кузнецкий бассейн – на его долю приходится 80,4 % общего объёма добычи российского угля и 81 % – открытым способом. Например, для добычи угля открытым способом в ОАО УК «Кузбассразрезуголь» используются вскрывные экскаваторы с вместимостью ковша 45 куб. м и более.

Достаточно крупные запасы угля позволяют строить и развивать в этом горнопромышленном регионе угольные разрезы производственной мощностью до 30 млн т/год и более и поддерживать

существующий уровень добычи угля открытым способом (125 млн т/год) в ближайшие 5–8 лет, с тем чтобы начиная с 2010–2012 гг. формировать необходимые условия для дальнейшего наращивания открытой добычи угля.

Анализ и систематизация опыта реализации инноваций на действующих предприятиях угольной отрасли Кузбасса показывает, что инновационная деятельность осуществляется за счет следующих мероприятий:

- постоянной подготовки новых запасов угля к выемке и реализации новых схем подготовки шахтного поля, обеспечивающих концентрацию горных работ как за счет развития добычи угля подземным, так и открытым способом;

- увеличения производительности труда в 2–3 раза на основе концентрации горных работ и технического перевооружения производства;

- повышения безопасности и эффективности производства, а также уровня его культуры за счет применения самого современного высокопроизводительного и высоконадежного импортного оборудования;

- осуществления работ по повышению квалификации и комплектности персонала при подготовке новых управленческих кадров для угольных предприятий.

В процессе перестройки горно-металлургической отрасли в последние годы реализуются различные мероприятия по преобразованию горно-технологических структур угледобывающих предприятий и совершенствованию производства на основе управления прорывными направлениями инновационной деятельности. Инновационные прорывы могут быть обеспечены только на основе использования высоких технологий. Под высокими технологиями понимается совокупность новых знаний о приемах, способах и производственных процессах их создания и использования, обеспечивающих прорыв в повышении производительности добычи угля открытым способом. Новые технологии экономичны и обеспечивают рост производительности труда. Их применение требует переквалификации технического уровня, так как возникают новые виды работ и новые организационно-технологические схемы угольного производства.

Одним из методов реализации инноваций на действующих

предприятиях добычи коксующегося угля открытым способом в Кузбассе является повышение производительности вскрышных шагающих экскаваторов за счет повышения экскавации, используя биметаллические самозатачивающиеся зубья ковша, упрочненные твердым сплавом ТН 20 (на основе карбида титана) с использованием метода электрошлаковой наплавки.

Техническая производительность экскаватора (Q_{mex}) – это максимальная производительность для данного типа экскаватора при непрерывной экскавации пород с конкретными физико-механическими свойствами, т/час. (1):

$$Q_{mex} = 3600 \frac{V}{t} \cdot \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot k_{\mathcal{E}}, \quad (1)$$

где V – скорость резания, м/с; t – время рабочего цикла, с; t_p – время непрерывной работы на одном месте, ч; t_n – время передвижки экскаватора на другое место работы; $k_{\mathcal{E}}$ – коэффициент экскавации, $k_{\mathcal{E}} = k_H \cdot k_P^{-1}$; k_H – коэффициенты наполнения ковша; k_P – разрыхления породы.

Затупление и износ режущего инструмента оказывает самостоятельное влияние на сопротивление пород разрушению. Даже допускаемый нормативами износ режущего инструмента может вызвать увеличение сопротивления сил копания в 1,5÷2 раза. Сила сопротивления внедрению изношенного инструмента в породу замедленно возрастает с увеличением толщины среза, а следовательно, снижает производительность.

Угол резания δ оказывает значительное влияние на сопротивление породы резанию и его обычно устанавливают в пределах 30÷40 град. Поскольку зуб экскаватора, армированный твердым сплавом, является самозатачивающимся, следовательно, он сохраняет угол резания 30÷40 град на длительный период работы ковша. Так, увеличение угла резания от 40 град до 60 град при чрезмерном износе зубьев ковша удваивает лобовые сопротивления внедрению зуба, что также снижает производительность.

С ростом размеров, а следовательно, и вместимости ковша (см. рисунок 1) сопротивление копания при работе в породах средней крепости и крепких падает независимо от типа породы. Поскольку коэффициент сопротивления породы экскавации K_F уменьшается с увеличением площади стружки F , можно сделать вывод о целесообразности разработки пород более мощными горными машинами с

большей вместимостью ковша. Физически это обстоятельство объясняется меньшей степенью измельчения объема массива породы (меньшая работа затрачивается на измельчение материала).

Зубья ковша прямой лопаты сменные. Для экскаваторов средней и большой мощности их отливают из высокомарганцовистой стали 110Г13Л и наплавляют твердым сплавом. Зубья или их сменные наконечники преимущественно делают симметричными относительно продольной оси. Для дальнейшей работы после затупления зуб или наконечники снимают и поворачивают на 180 град. Зуб считается непригодным, если угол его заострения превышает 60 град.

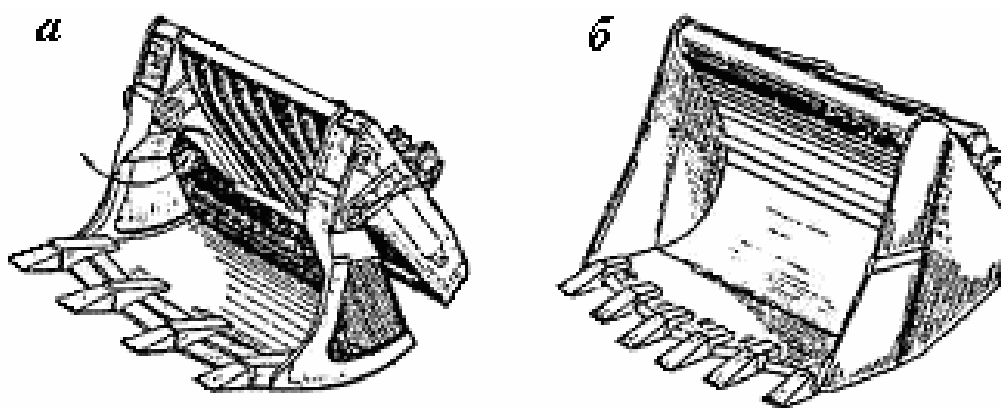


Рисунок 1 – Ковши гидравлических экскаваторов

Зуб 1 (рисунок 2, а) к режущей кромке ковша 2 может крепиться с помощью клина, состоящего из фасонного зажима 3, прокладки 4 и клина 5, забиваемого в паз зуба и загибаемого для предотвращения от выскакивания.

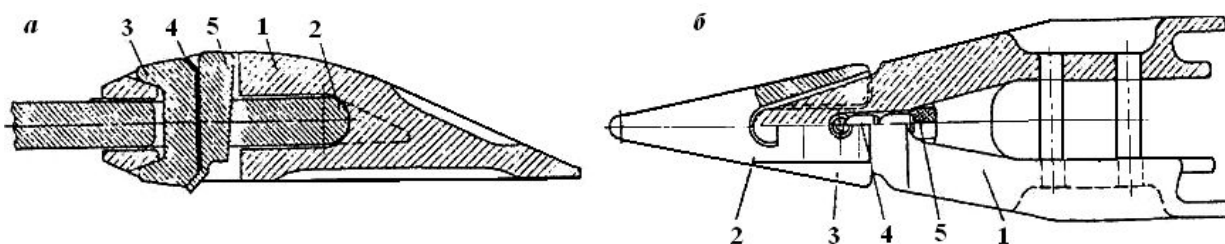


Рисунок 2 – Конструкция крепления: а – сменных зубьев (УЗТМ); б – сменных наконечников (ИЗТМ)

Наиболее рациональным по расходу металла является двухсекционный зуб (рисунок 2, б) со сменным наконечником, состоящий из основания 1, надеваемого на режущую кромку ковша, и сменной коронки 2. Удерживает коронку палец 3, застопоренный сухарем 4 и

поддерживаемый резиновой подушкой 5. Применяют различные виды наконечников (коронки): общего назначения для пород, склонных к разрушению резанием; скальные – для черпания хорошо взорванных скальных пород; клиновые – для проникновения в плохо взорванные скальные массивы, однако опыт показал низкую стойкость таких зубьев и высокие трудозатраты на их замену.

Зубья ковша, армированные твердым сплавом типа ТН 20, увеличивают удельную нагрузку на породу в $2 \div 2,5$ раза, что облегчает процесс ее разрушения. Вылет зубьев желательнее иметь возможно меньшим, что позволит обеспечить им необходимую прочность. При плоской режущей кромке в плотных горных породах острые зубья способствуют снижению общего сопротивления копанью на $8 \div 15$ %, и снижению сопротивления резанию – на $16 \div 35$ % по сравнению с зубьями, затупленными в результате их износа.

Для выбора и обоснования способа упрочнения плоских деталей, типа зубьев ковшеи экскаватора, немаловажное значение имеет форма детали. Электрошлаковая наплавка (ЭШН) упрочнения зубьев производится предварительно спечённым каркасом из твёрдосплавных пластин ТН 20.

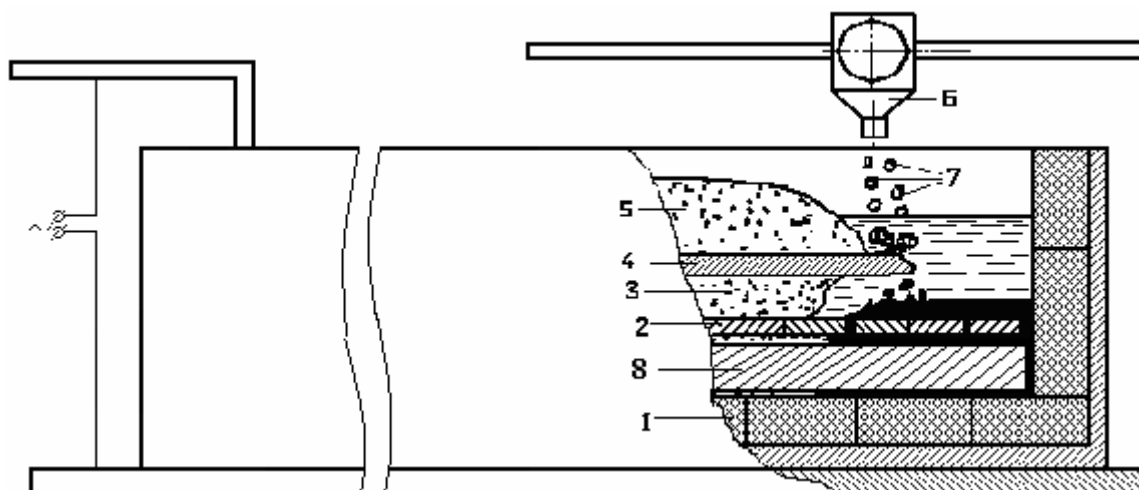
С целью совершенствования технологии ЭШН предварительно спечённым каркасом применяется дозированная подача кускового присадочного материала (КПМ) со скоростью, определяемой по формуле (2) [1]:

$$M = K b \delta V_{пл.эл} 10^6, \quad (2)$$

где M – скорость подачи КПМ в зону наплавки, г/с; K – коэффициент пропорциональности, $K = 0,4 \div 0,8$; b, δ – ширина и толщина пластинчатого металлического электрода, м; $V_{пл.эл}$ – скорость плавления пластинчатого электрода, м/с.

Получение биметаллических зубьев, армированных твёрдосплавными пластинами, производится с использованием отходов производства твёрдых сплавов ТН 20 ГОСТ 26530-85, пластинчатого электрода и стальной крупки (КПМ) $d = 5$ мм. На дно корпуса кристаллизатора, футерованного графитовыми плитами толщиной 500 мм, укладываются зуб ковша экскаватора, устанавливается предварительно спечённый каркас из пластин твёрдого сплава, насыпается промежуточный слой флюса и размещается пластинчатый электрод, закрепленный в струбцине токоподвода, сверху ко-

того насыпается рабочий слой флюса. При подаче напряжения возбуждается дуга, происходит расплавление флюса, и образовавшаяся шлаковая ванна шунтирует дугу и процесс переходит в электрошлаковый (см. рисунок 3). Скорость подачи КПМ выбирается в пределах $0,6 \div 0,9$ г/с [2].



1 – графитовые пластины; 2 – спекённый каркас из пластин твёрдого сплава; 3, 5 – подслоя флюса; 4 – стальной электродная пластина; 6 – дозатор; 7 – КПМ (кусковой присадочный металл); 8 – зуб ковша экскаватора

Рисунок 3 – Схема горизонтальной ЭШН предварительно спекённым каркасом пластин композиционного твердого сплава

Положительный эффект от внедрения ЭШН в производство обеспечивается за счёт повышения производительности экскаватора, вызванного увеличением срока службы зубьев ковша экскаватора в результате повышения износостойкости за счет применения твердых сплавов. Общий годовой экономический эффект образуется как сумма эффектов [3] (3):

$$Э_{\text{ОБЩ}} = Э_{\text{Т}} + Э_{\text{У.П.}} + Э_{\text{К.В.}} + Э_{\text{РЕМ}}, \quad (3)$$

где $Э_{\text{Т}}$ – экономия на текущих расходах рассчитывается по формуле, приведенной в работе [3], руб./год; $Э_{\text{У.П.}}$ – экономический эффект за счёт условно-постоянной части расходов руб./год; $Э_{\text{К.В.}}$ – экономический эффект в результате экономии затрат по капитальным вложениям, руб./год; $Э_{\text{РЕМ}}$ – экономический эффект в результате сокращения затрат на ремонты.

Таким образом, упрочнение зубьев ковшеи экскаватора элек-

трошлаковой наплавкой твердыми сплавами, приводит к повышению производительности экскаватора на 45 %, увеличению срока службы зубьев и экономии на текущих материалах. Суммарный годовой экономический эффект по одному разрезу для двух экскаваторов составил 6 696 805 руб./год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1785155 СССР, МКИ⁵ В23К 25/00. Способ горизонтальной электрошлаковой наплавки / В.А. Быстров, В.И. Верёвкин, Н.Ф. Мартынов и др. – № 4809831/27; Заявл. 04.04.90. Опубл. 27.02.03; Б/И № 6. – С. 473.
2. Быстров В.А. Инновации, качество и конкурентность упрочнения металлургического оборудования / В.А. Быстров, Н.Ю. Грекова, О.Г. Трегубова // Экономические исследования: анализ состояния и перспективы развития: монография / Н.Б. Андреев, В.А. Быстров Под общ. ред. О.И. Кирикова. Книга 12. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 653 с. (С. 502 – 531).
3. Быстров В.А. Экономическая эффективность инноваций, направленных на повышение долговечности сменного металлургического оборудования / В.А. Быстров, Н.И. Новиков, Д.А. Лубяной // Современное предприятие: монография / Под общ. ред. О.И. Кирикова. Книга 18. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 320 с. (С. 289 – 318).

**ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

УДК 669.1:658.511(075)

Д.А. Некрасов, В.А. Быстров

Новокузнецкий филиал-институт ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО СОСТАВА ПЕРСОНАЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассматриваются проблемы корректировки численности персонала при изменении объёма производства для создания условий общественно необходимых затрат труда.

In article problems of updating of number of the personnel are considered at change of volume of manufacture for creation of conditions of socially necessary expenses of work.

Попробуем разобраться, чем отличается оптимизация затрат труда в бизнесе от минимизации, к которой активно стремятся менеджеры и финансисты. Очевидно, что и та и другая задача ставится с целью обеспечить достижение главной цели компании. Известно, что современное понимание главной цели компании состоит в признании ее неразрывного триединства: компания должна одновременно заботиться о своем выживании, прибыли и экономическом росте [1]. Поэтому вполне оправданна попытка проанализировать зависимость эффективности достижения каждой из этих трех составляющих главной цели от установок как на минимизацию затрат труда, так и на оптимизацию этих затрат. Рассмотрим, что происходит с достижением этой главной цели при минимизации затрат труда в бизнесе.

Во-первых, при ставке на минимизацию затрат труда указанная выше главная цель фактически и не ставится. Она заменяется целью максимизации получаемой прибыли, и то только в тактический плановый период. Строить какую-либо стратегию развития бизнеса на будущее становится нереально, поскольку на самом деле при ставке на минимизацию затрат труда почти обязательно происходит снижение кадрового потенциала компании. Нередко

компании понимают это сами, поэтому минимизацию затрат труда ставят целью лишь на ближайший временной период, рассчитывая в дальнейшем от нее отказаться.

Во-вторых, следствием осуществления курса жесткой минимизации затрат нередко становится дальнейшее ухудшение финансового положения компании, и свернуть с этого пути невозможно. Вероятно, неслучайно практически все обанкротившиеся компании в мире на пути к этому грустному финалу берут курс на минимизацию затрат труда. Но, как правило, он позволяет лишь дольше продержаться на плаву, но не спасает от разорения. В современном предпринимательстве XXI века становится правилом: если компания не занимается расширением бизнеса, при этом имеется в виду и его качественное развитие, то она начинает терять позиции в борьбе за конкурентоспособность.

Соответственно, высокий уровень эффективно осуществляемых затрат в собственное развитие может служить признаком эффективных, конкурентоспособных компаний-лидеров. Какой уровень затрат компании, вкладываемых в развитие, может считаться достаточным и при наличии каких условий эти затраты являются действительно эффективными – это уже отдельный вопрос.

В результате успешной реализации любого бизнеса должен быть получен доход. Это не подвергается каким-либо сомнениям. Какой доход и как он соотносится с величиной произведенных затрат или себестоимости продукции, имеет для предпринимателя принципиальное значение. Ведь бизнесмены работают не только ради получения какой-то величины дохода, их гораздо больше интересует та его часть, которая остается у компании после оплаты всех понесенных расходов или затрат, вошедших в себестоимость, а также выплаты налогов.

Необходимость в корректировке численности персонала при изменении объёмов объясняется тем, что с увеличением (снижением) объёмов производства (работ, услуг) численность персонала возрастает (уменьшается) непропорционально [2]. В результате трудоёмкость единицы продукции снижается (при увеличении объёмов) или увеличивается (при снижении объёмов производства). Эта закономерность справедлива не только в отношении трудоём-

кости обслуживания и управления, но технологической трудоёмкости. Численность же значительной части основных производственных рабочих зависит от количества установленного (задействованного в планируемый период) оборудования (агрегатов) и норм его обслуживания.

Таким образом, в затратах труда на производство продукции можно выделить:

– постоянную часть, т.е. затраты рабочего времени, общая величина которых, практически, не зависит от изменения объёмов производства;

– переменную (пропорциональную) часть, т.е. затраты рабочего времени, общая величина которых изменяется пропорционально изменению объёма производства.

Следовательно, пропорциональные затраты труда на единицу продукции при изменении объёма производства остаются неизменными, а постоянные изменяются обратно-пропорционально изменению объёма производства.

Численность работников, занятых обслуживанием (ремонтно-дежурный персонал) и управлением производства (РСиС) и составляющих так называемую условно-постоянную часть персонала производственной сферы (ППС), изменяется (возрастает, уменьшается) в меньшей степени, чем изменяется (возрастает, уменьшается) объём производства.

По данным отечественных экономистов и опыта работы комбината ОАО «ЗСМК» выяснено, что при росте (уменьшении) численности основных (технологических) рабочих на 1,0 %, численность вспомогательных рабочих (а это, в основном, ремонтно-дежурный персонал) возрастает (уменьшается) на 0,5 %, а другие категории ППС – на 0,2÷0,3 % [3].

Методика определения расчётной численности на планируемый период, в котором произошло изменение объёмов, основана на следующем:

1. Определяется базовая (нормативная) трудоёмкость продукции (работ, услуг).
2. Определяется доля переменной части в затратах труда.
3. Базовая трудоёмкость корректируется на организацион-

но-технические условия исследуемого (планового) периода по факторам, влияющим на трудоёмкость:

– изменение структуры управления, совершенствование организации труда;

– изменение объёмов производства (работ, услуг) относительно базовых значений.

Определение базовой (нормативной) трудоёмкости продукции анализируемого подразделения производится в следующей последовательности.

В первую очередь определяются фактически ежемесячные величины принятых оценочных показателей, характеризующих деятельность производственного подразделения за анализируемый период (1–2 года). Затем, фактические показатели анализируются, устанавливаются периоды, в которых подразделение отработало с наибольшей эффективностью (производительностью) и определяются базовые показатели для анализируемого подразделения.

Количество месяцев для расчёта базовых показателей необходимо брать не более 75 % от количества анализируемых месяцев.

В качестве оценочных приняты следующие среднемесячные показатели (необходимые для дальнейших расчётов):

Среднесписочная численность, чел.: всего ($Ч_{\text{баз.}}$), в том числе рабочие ($Ч_{\text{раб}}$), из них технологический персонал ($Ч_{\text{тех}}$).

Фактически отработано персоналом подразделения ($T_{\text{отр}}$), чел-дней; чел-час.

Количество невыходов (без учёта выходных дней) ($T_{\text{невых}}$), чел-дней; чел-час.

Коэффициент использования рабочего времени персоналом цеха (K_u):

$$K_u = \frac{T_{\text{отр.}}}{T_{\text{отр.}} + T_{\text{невых.}}}; \quad (1)$$

Объём производства, тыс.т. в том числе в физическом тоннаже ($Q_{\text{баз. физ. т.}}$), в условном тоннаже ($Q_{\text{баз. усл. т.}}$).

Нормативная (базовая) трудоёмкость продукции определяется, чел-дней/т или чел-час/т:

$$C_{\text{баз. в физич. тоннаже}} = \frac{T_{\text{отр.}}}{Q_{\text{баз. физич.}} \cdot K_u}; \quad (2)$$

$$C_{\text{баз. в условн. тоннаже}} = \frac{T_{\text{отр.}}}{Q_{\text{баз. условн.}} \cdot K_{\text{и}}}; \quad (3)$$

где $Q_{\text{баз}}$ (физ., усл.) – базовый объём производства за месяц, на выполнение которого предусмотрена среднесписочная численность персонала, т; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования рабочего времени персоналом.

Определение доли переменной части в затратах труда ($d_{\text{баз}}$):

На основании анализа структуры и численности персонала по штатному расписанию по участкам и в целом по подразделению определяется доля переменной части (прямопропорционально зависящей от изменения объёмов производства) персонала в общей его численности [4].

Корректировка базовой трудоёмкости на организационно-технические условия:

$$C_{\text{пл}} = C_{\text{баз}} \cdot \Pi_{\text{ки}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{пл}}$ – плановая трудоёмкость продукции, чел-час/т; $C_{\text{баз}}$ – базовая трудоёмкость продукции, чел-час/т; $\Pi_{\text{ки}}$ – произведение коэффициентов, учитывающих изменение трудоёмкости в планируемом периоде.

$$\Pi_{\text{ки}} = K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{об}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{ст}}$ – коэффициент корректировки базовой трудоёмкости за счет изменения структуры и совершенствования организации труда и управления; $K_{\text{об}}$ – коэффициент корректировки базовой трудоёмкости в связи с изменением объема производства относительно базовых объёмов.

$$K_{\text{ст}} = 1 + (\Delta Ч / Ч_{\text{баз}}), \quad (6)$$

где $\Delta Ч$ – структурные изменения численности относительно базовой, чел; $Ч_{\text{баз}}$ – базовая численность, чел.

Основанием для корректировки численности по организационным мероприятиям является утверждённое изменение штатного расписания по мероприятиям, не связанным с изменением объёмов производства.

$$K_{об.} = 1 \pm \frac{\Delta Q}{Q_{баз.}} \cdot (1 - d_{баз.}), \quad (7)$$

(-) при увеличении объёма производства; (+) при снижении объёма производства.

$$\Delta Q = Q_{пл.} - Q_{баз.}, \quad (8)$$

где ΔQ – изменение объёмов производства по отношению к базовому, усл.т; $Q_{пл.}$ – плановый объём производства на месяц, усл.т; $Q_{баз.}$ – базовый объём производства на месяц, усл.т.

Определение расчётной численности на выполнение производственной программы, чел.:

$$Ч_{пл.} = \frac{Q_{пл.} \cdot C_{пл.}}{B_{пл.}}, \quad (9)$$

где $C_{пл.}$ – плановая трудоёмкость продукции, чел-час/т; $B_{пл.}$ – средневзвешенный баланс рабочего времени одного работающего по цеху в планируемом периоде, час.

$$B_{пл.} = \frac{Ч_{баз.} \cdot K_{см.} \cdot B_{см.} + Ч_{баз.} \cdot (1 - K_{см.}) \cdot B_{дн.}}{Ч_{баз.}}, \quad (10)$$

где $Ч_{баз.}$ – базовая среднемесячная численность, чел; $K_{см.}$ – доля сменного персонала в общей численности работающих цеха, чел; $B_{см.}$ – баланс рабочего времени сменного персонала по i-му графику работы в планируемом периоде, час; $B_{дн.}$ – баланс рабочего времени дневного персонала в планируемом периоде.

Данная методика позволяет устанавливать производственным подразделениям задания по производительности труда на планируемый период и определять фактическое его выполнение за отчётный период.

$$ПП_{расч.} = \frac{Q_{пл.}}{Ч_{пл.}}, \text{ (усл.т / чел.)}, \quad (11)$$

Расчёт плановой численности производственного участка в соответствии с разработанной методикой. Исходные данные для расчёта.

1. Основные показатели участка за период с 01.01.08 г. по 01.10.09 г., т.е. за 21 мес.;

2. Основные показатели работы участка в среднем за 16 мес. (21 · 0,75), отработанных с наибольшей эффективностью из общего

числа анализируемых месяцев, и принятых за базовые показатели;

3. Численность работающих на участке с разбивкой их по службам и расчёт доли переменной части в затратах труда на производство продукции;

4. Базовый объём работ $Q_{баз}$: физический тоннаж – 898,0 т;

5. Плановый среднемесячный объём работ на 2009 г., $Q_{план}$: – физический тоннаж – 875,830 т;

6. Базовая трудоёмкость ($C_{баз}$), чел-час/т: – на физический тоннаж – 40;

7. Доля переменной части в затратах труда на производство продукции ($d_{баз}$):

– в технологической службе – 0,80;

– в целом по участку – 0,49.

8. Доля сменного персонала в общей численности работающих участка ($K_{см}$) – 0,65.

9. Баланс рабочего времени одного работающего в декабре 2008 г.:

– у сменного персонала (гр. 12) – 182,5 час;

– у дневного персонала (гр. 5) – 165,8 час;

10. Базовая численность – 215 чел.

Расчёт производится по физическому тоннажу:

1. Изменение объёма производства:

$$\Delta Q = Q_{пл} - Q_{баз} = 875,830 - 898,000 = -22,170 \text{ физ.т.}$$

2. Корректировка базовой трудоёмкости. Принимаем, что изменения штатной численности в декабре 2008 г. не будет, т.е. $K_{ст} = 1$

$$K_{об} = 1 + \left[\frac{\Delta Q}{Q_{баз}} \cdot (1 - d_{баз}) \right] = 1 + \left[\frac{22,170}{898,000} \cdot (1 - 0,49) \right] = 1,013.$$

3. Плановая трудоёмкость:

$$C_{пл} = C_{баз} \cdot K_{об} = 40,00 \cdot 1,013 = 40,52 \text{ чел-час/т.}$$

4. Средневзвешенный баланс рабочего времени в июне персонала участка:

$$B_{пл} = \frac{C_{баз} \cdot K_{см} \cdot B_{см} + C_{баз} (1 - K_{см}) \cdot B_{дн}}{C_{баз}}$$

$$B_{пл} = \frac{215 \cdot 0,65 \cdot 182,5 + 215 \cdot (1 - 0,65) \cdot 165,8}{215} = 176,65 \text{ час.}$$

5. Плановая численность на 2009 г.:

$$Ч_{пл} = \frac{Q_{пл} \cdot C_{пл}}{B_{пл}} = \frac{875,830 \cdot 40,52}{176,65} = 201 \text{ чел.}$$

6. Резерв численности:

$$Ч_{рез} = Ч_{баз} - Ч_{пл} = 215 - 201 = 14 \text{ чел.}$$

или 6,5% от базовой среднесписочной численности.

7. Плановая производительность труда:

$$ПТ_{пл} = Q_{пл} / Ч_{пл} = 875,830 / 201 = 4,357 \text{ тонн/чел.}$$

Вывод: Для выполнения запланированных объемов работ целесообразно снизить численность работников на 6,5 % (14 чел.).

Расчет по данной методике численности производственного участка на планируемое снижение объемов производства выявил резерв численности данного структурного подразделения – 14 чел. Методика также позволила установить производительность труда на планируемый период – 4,357 тонн/чел.

Преимущество данной методики в том, что появляется возможность оперативно изыскивать резервы в одних и нехватку численности в других структурных подразделениях предприятия, что позволит более рационально распределять численность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин В.М. Сущность оптимизации затрат труда в бизнесе. // Инвестиции в России. – № 9. 2005. – С. 8–12
2. Новиков Н.И. Планирование численности персонала предприятий при инновации производственных процессов/ Н.И. Новиков, Д.А. Некрасов, В.А. Быстров // Вестник горно-металлургической секции РАЕН: Сборник научных трудов, Вып. 16: СибГИУ. – Новокузнецк, 2006. – 219 с. (С. 180–186).
3. Некрасов Д.А. К вопросу оптимизации численного состава в результате автоматизации технологических процессов / Д.А. Некрасов, Н.И. Новиков, В.А. Быстров // Сб. научн. тр. Международной НПК: «Металлургия России на рубеже XXI века»/ Под общ. ред. Е.В. Протопопова: СибГИУ. – Новокузнецк, 2005. – Том II. – 365 с. (С. 354–359).
4. Новиков Н.И. Стратегия развития промышленных предприятий на примере ОАО «ЗСМК»/Н.И. Новиков, В.А. Быстров, П.А. Сазонов, Д.А. Некрасов / Вестник Поморского университета. Архангельск: № 6. – 2006. С. 332–337.

УДК 656.073: 658.8

Т.П. Воскресенская, О.Д. Покровская

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОЙ СЕТИ РЕГИОНА

В статье сформулирована концепция создания терминальной сети, роль терминалов в едином транспортно-экспедиционном пространстве региона. Проиллюстрировано взаимодействие терминальной сети и клиентуры. Приведен алгоритм принятия решений по созданию терминальной сети.

The concept of creation of a terminal network, a role of terminals in uniform forwarding space of region is formulated in article. Interaction of a terminal network and clientele is illustrated. The algorithm of decision-making on creation of a terminal network is resulted.

В России размер транспортно-экспедиционных затрат, связанных с продвижением грузов (товаров), в цене продукции для конечного потребителя почти вдвое превышает аналогичные показатели на Западе. Сложившаяся экономическая ситуация объективно требует создания принципиально новой системы управления грузопотоками. Существенным резервом повышения эффективности работы материалопроводящих систем является переход от традиционно разрозненного решения задач складирования и перевозки к проектированию единых транспортно-складских систем (в составе единого транспортно-экспедиционного пространства региона) на основе логистических концепций товародвижения и применения терминальных технологий доставки грузов.

Цель исследования заключается в разработке концепции создания терминальной сети региона. Задачи: 1) сформулировать два понятия: «единое транспортно-экспедиционное пространство» (далее – ЕТЭП), и «терминальная сеть»; 2) проиллюстрировать концепцию взаимодействия терминальной сети, поставщиков и потребителей в условиях ЕТЭП; 3) разработать блок-схему (алгоритм) принятия решений по формированию терминальной сети.

Концепция создания терминальной сети предполагает переход от изолированного грузового терминала к единому транспортно-экспедиционному пространству, где терминал будет главным элементом.

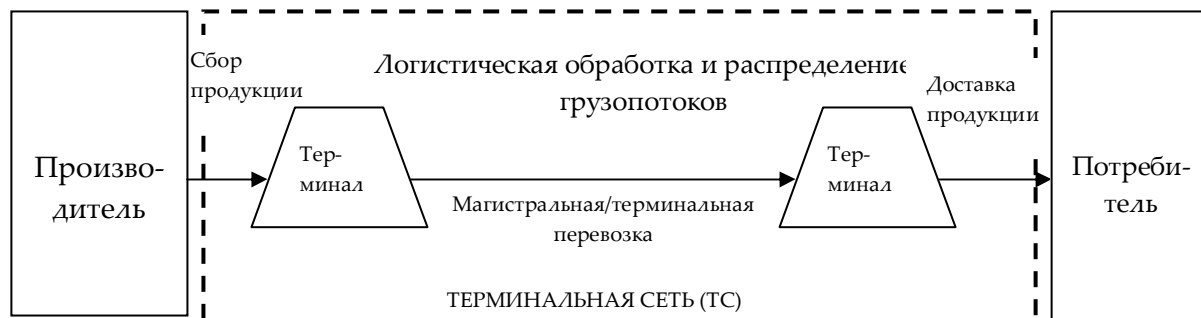
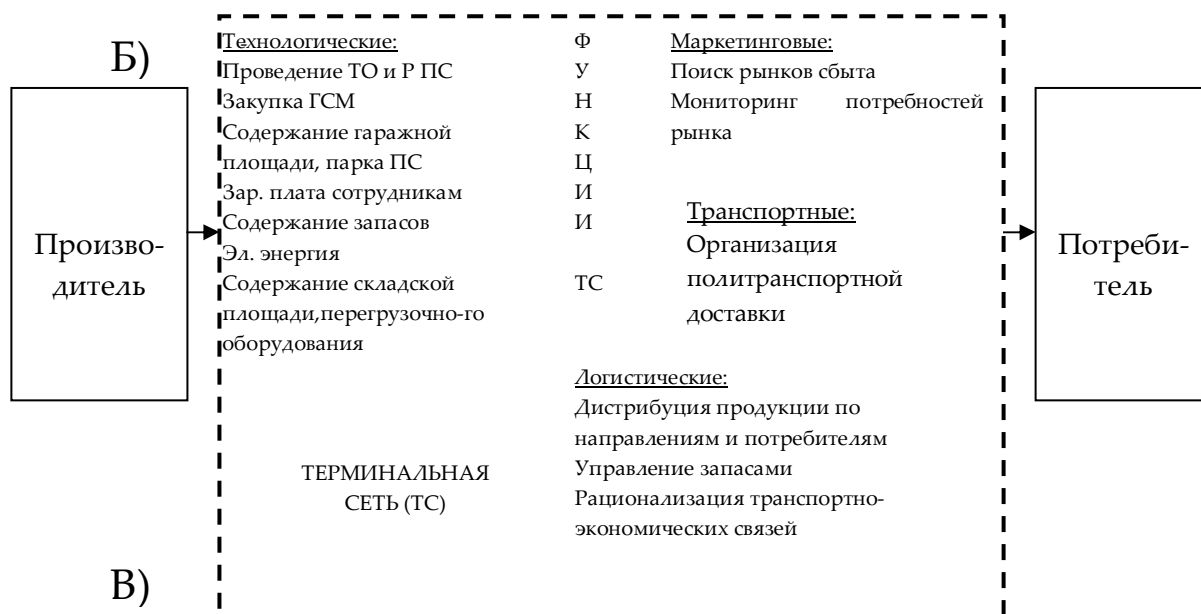
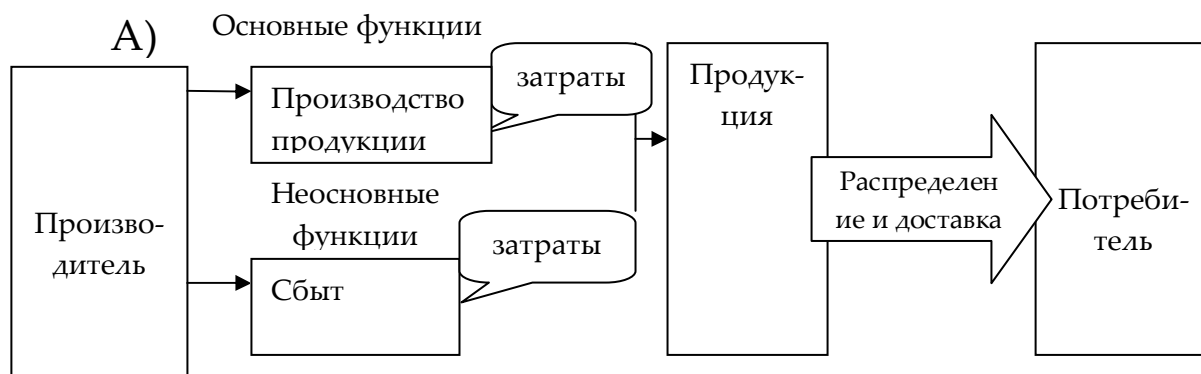
Единое транспортно-экспедиционное пространство региона – комплекс, включающий совокупность грузовых терминалов (*терминальную сеть*) с транспортно-дорожной инфраструктурой, обеспечивающий логистическим сопровождением региональное грузодвижение на основе эффективного управления процессами перевозок и взаимодействия видов транспорта.

Эффективность создания ЕТЭП заключается в 1) реализации экономического потенциала региона за счет комплексного развития транспортно-производственной инфраструктуры агломерации; 2) обеспечении инновационного механизма интенсификации внутри- и межрегионального грузодвижения и товарообмена; 3) сокращении общих затрат в процессе (товаро-грузодвижения при гармонизации интересов всех его участников; 4) формировании экономически целесообразных связей потребителей с поставщиками; 5) ускорении доставки груза конечному потребителю. Терминальная сеть в условиях ЕТЭП региона как материальная основа системы дистрибуции включается в конкурентную среду транспортно-логистического рынка.

В аспекте тенденций развития «передельного» производства внутри региона терминальная сеть обеспечит не только эффективную внутрирегиональную дистрибуцию, но и инфраструктурную подготовку «выхода» продукции на рынки страны и мира.

Концепцию терминальной сети иллюстрирует рисунок 1, где отмечены границы ЕТЭП и терминальной сети; показан состав затрат, влияющих на цену продукции; функции терминальной сети и логистических партнеров.

На рисунке 2 изображена блок-схема проведения расчетов для принятия решения по эффективному формированию терминальной сети.



а) существующие условия: работа напрямую с потребителем;

б) условия ЕТЭП: организация доставки через ТС;

в) технология работы ТС в ЕТЭП

Условные обозначения:

--- функции, передаваемые от производителя к терминальной сети (ТС)
 → - движение грузопотока (продукции)

Рисунок 1 – Концепция создания терминальной сети как основы ЕТЭП региона

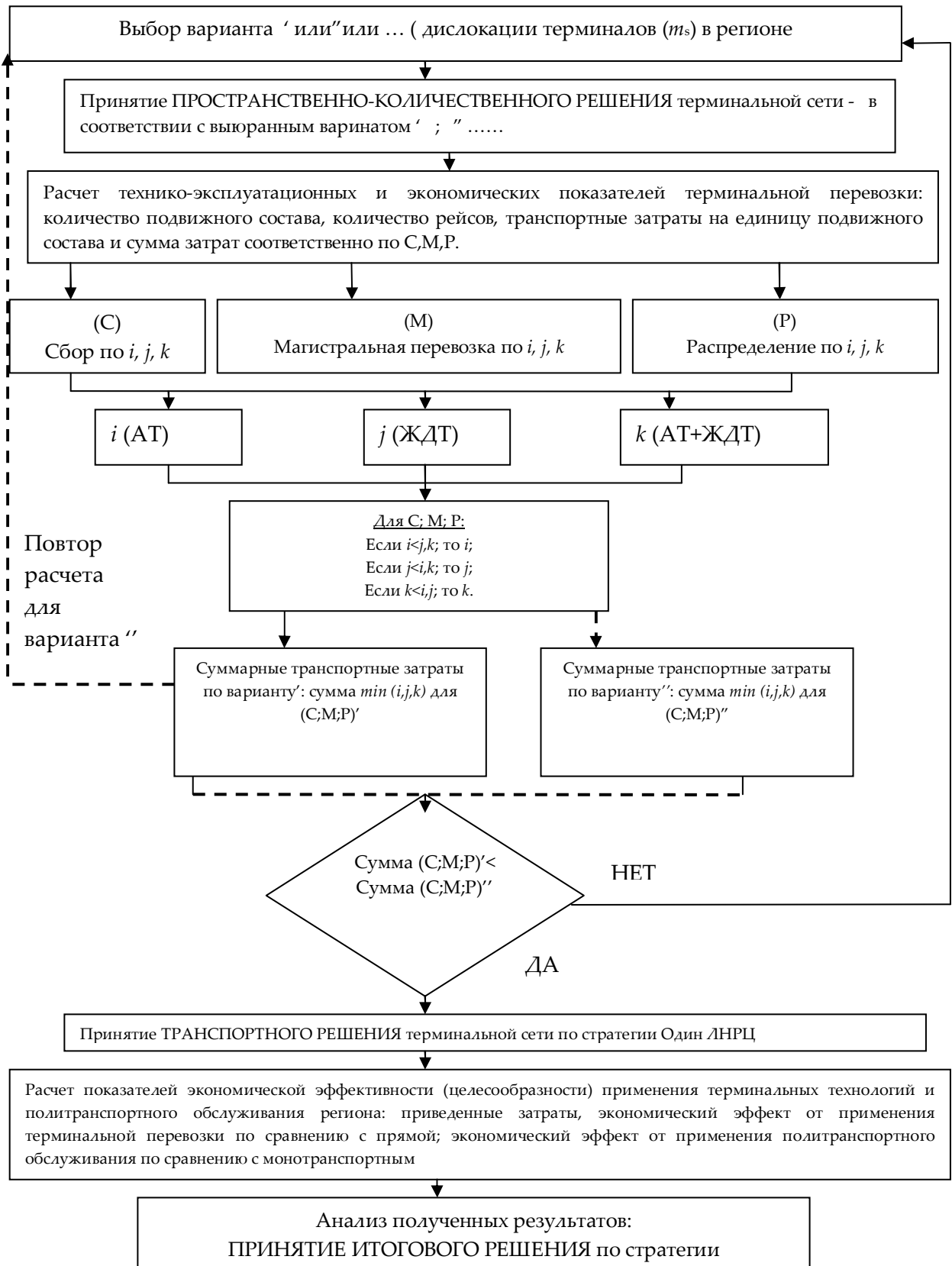


Рисунок 2 – Блок-схема

На рисунке 2 пунктиром показан повтор расчета для следующего варианта – «'» – в границах выбранной стратегии. Это необходимо для последующего сравнения вариантов (анализа) и принятия итогового решения по наилучшему варианту стратегии (по критерию минимума суммарных затрат на выполнение перевозок).

Так, на выходе принимается итоговое комплексное решение по наилучшему варианту числа и дислокации терминалов и вида транспорта для их обслуживания, ограниченное расчетной стратегией числа терминалов.

Данный алгоритм приведен для расчетов в границах стратегии «Один ЛНРЦ» в регионе. При изменении стратегии числа терминалов структура и последовательность расчета сохраняется.

Данный алгоритм расчета повторяется по каждому варианту дислокации терминалов для каждой стратегии их числа (от 1 до n в регионе).

После проведения расчетов по всем вариантам каждой стратегии необходим анализ результатов.

Повтор данного алгоритма для наилучших вариантов каждой стратегии позволит получить искомое решение по наилучшему формированию терминальной сети: выбрать стратегию числа и вариант дислокации терминалов в составе транспортной терминальной сети.

Таким образом, разработанная концепция терминальной сети позволяет принимать комплексное решение по ее формированию, а именно: параллельно получать рациональные значения пространственно-количественных и транспортных параметров (число и дислокация терминалов в составе терминальной сети, вид/виды транспорта для ее обслуживания).

УДК 656.073: 658.8

Т.П. Воскресенская, О.Д. Покровская

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕРМИНАЛЬНОЙ СЕТИ КАК ОСНОВЫ ЕДИНОГО ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА

В статье приводится параметрическое описание терминальной сети региона. Охарактеризованы основные параметры, дана их классификация. В соответствии с разработанной классификацией все параметры отражены в табличной форме. Указаны показатели, влияющие на параметры терминальной сети.

The parametrical description of a terminal network of region is resulted in article. Key parametres are characterized, their classification is given. According to the developed classification all parametres are reflected in the tabular form. The indicators influencing parametres of a terminal network are specified.

Единое транспортно-экспедиционное пространство (ЕТЭП) региона – комплекс, включающий совокупность грузовых терминалов (терминальную сеть) с транспортно-дорожной инфраструктурой, обеспечивающий логистическим сопровождением региональное грузодвижение на основе эффективного управления процессами перевозок и взаимодействия видов транспорта.

Терминальная сеть региона – логистическая система, представляющая собой совокупность взаимодействующих и централизованно управляемых грузоперерабатывающих терминалов (ЛНРЦ), обеспечивающая кластерную интеграцию и выходы на транспортные коридоры. Терминальная сеть создаёт материальную основу транспортной инфраструктуры агломерации, формирует условия для глубокой переработки сырья внутри региона.

Параметрическое описание терминальной сети как системы взаимосвязанных факторов/параметров необходимо для успешного управления ей с целью получения соответствующих параметров и ожидаемого эффекта.

Комплексная задача параллельного выбора числа и дислокации терминалов в регионе как ее основных пространственно-количественных параметров, а также выбора вида (сочетания видов) транспорта для обслуживания терминальной сети не ставилась ранее. Математической модели расчета параметров терминальной сети с параллельным принятием ее пространственно-количественного и транспортного решения до сих пор не предложено.

Цель данного исследования заключается в параметрическом описании терминальной сети региона как системы взаимосвязанных факторов (параметров). Задачи: 1) определить и охарактеризовать основные параметры терминальной сети региона; 2) дать их классификацию по качественной природе и по количественной мере; 3) проанализировать внешние воздействия (показатели), влияющие на выходные параметры терминальной сети.

Основные параметры терминальной сети как основы ЕТЭП можно классифицировать следующим образом: 1) пространственно-количественные; 2) транспортные.

К пространственно-количественным параметрам относится состав терминальной сети по числу и дислокации находящихся в ней узлов – ЛНРЦ, и зоны тяготения к ним промышленных предприятий. Это позиционирует ее в едином транспортно-экспедиционном пространстве региона.

К транспортным параметрам относится вид транспорта; а также вид транспортного обслуживания терминальной сети: политранспортное (средствами нескольких видов транспорта) или монотранспортное (средствами одного вида транспорта); вид перевозки: магистральная, прямая, межтерминальная. При этом вид транспортного обслуживания по каждой транспортной связи может быть различным.

На пространственно-количественные параметры терминальной сети оказывают влияние такие показатели, как размещение и плотность размещения крупных промышленно-транспортных узлов, число и дислокация отправителей и потребителей грузов, насыщенность внутренними и внешними транспортно-хозяйственными связями, существующая складская инфраструктура, мощность и направленность грузопотоков, географическое рас-

положение региона, наличие выходов на транспортные коридоры и ряд др.

На транспортные параметры терминальной сети оказывают влияние такие показатели, как развитие (разветвленность) и состав дорожной сети, наличие магистральных транспортных линий, наличие и развитие видов транспорта в регионе, дислокация и взаимное размещение транспортных узлов как пунктов стыка различных видов транспорта и ряд др.

Помимо перечисленных показателей, на пространственно-количественное и транспортное решение терминальной сети воздействуют такие группы показателей, как: 1) социально-демографические (численность населения, прожиточный минимум); 2) административные (стратегическая программа развития экономики и транспорта региона, реализуемые региональные и правительственные программы); 3) экономические (конкурентные условия на рынке, валовой региональный продукт, объем привлеченных инвестиций); 4) промышленный потенциал (сырьевые ресурсы, объем промышленной продукции, оборот производственных предприятий); 5) торговый потенциал (объемы розничной и оптовой торговли, наличие оптовых и дистрибьюторских компаний); 6) информационные (насыщенность, мощность, сложность информационных потоков и управление ими); 7) транспортные (развитие транспортно-экспедиционного обслуживания, преимущественное развитие того или иного вида транспорта, особенности транспортного обслуживания промышленных предприятий); 8) географические (географическое положение региона, взаимное расположение крупных промышленно-транспортных и населенных центров); а также экологическая ситуация.

Наиболее удачная комбинация числа и дислокации терминалов, а также видов транспорта для их обслуживания обеспечит рационализацию регионального грузодвижения в части снижения транспортных затрат и затрат на распределение грузов.

Выделим характерные черты терминальной сети как сложной логистической системы: основа формирования и функционирования ЕТЭП; структура системы, необходимая для достижения цели функционирования.

Параметры могут быть: 1) исходными; 2) расчетными.

К исходным параметрам относятся: взаимное размещение поставщиков и потребителей продукции; дальность перевозки, тип подвижного состава и его технические характеристики; объёмы перевозок; объёмы взаимных корреспонденций между пунктами обслуживания.

К расчетным параметрам, получаемым в процессе расчета основных пространственно-количественных показателей терминальной сети, относятся: количество подвижного состава; транспортные затраты; затраты на строительство терминала (-ов); суммарные затраты по обслуживанию перевозок через терминалы; экономический эффект использования терминальных технологий и политранспортного обслуживания. Пространственно-количественные параметры терминальной сети обуславливают её *пространственно-количественное решение* (ПКР). Исходные, расчетные и основные выходные параметры терминальной сети как основы ЕТЭП внесены в таблицы 1 – 3:

Таблица 1 – Исходные параметры терминальной сети

Категория параметра	Обозначение параметра	Название параметра	Измеритель параметра
Исходные параметры - для автомобильного транспорта	$L_{ат}$	Маршрут перевозки	Км
	$Q_{пер.}$	Расстояние перевозок по маршруту	Тонн/сутки
	$V_{эспл.}$	Объем перевозок по маршруту	Км/час
	$q_{авт}$	Эксплуатационная скорость подвижного состава	тонн
	$\gamma_{ст}$	Грузоподъемность подвижного состава	
	$N_{расх}$	Статический коэффициент использования грузоподъемности	
	$S_{топл}$	Коэффициент использования пробега	литров/100 км
	K_m^n	Норма расхода топлива	у.е./литр
	$T_{смен}$	Стоимость одного литра топлива	%
	$N_{смен}$	Коэффициент учета накладных расходов	
	R	Коэффициент неравномерности поступления груза в месяц	час
	- для железнодорожного транспорта	$L_{жт}$	Продолжительность одной смены
$Q_{пер.}$		Количество смен в сутки	%
		Норма рентабельности перевозок	
		Маршрут перевозки	Км
		Расстояние перевозок по маршруту	Тонн/сутки
		Объем перевозок по маршруту	Км/час
		Эксплуатационная скорость подвиж-	

- для ЛНРЦ	$V_{\text{эспл.}}$	ного состава Грузоподъемность подвижного состава	тонн
	$q_{\text{авт}}$	Статический коэффициент использования грузоподъемности	
	$\gamma_{\text{ст}}$	Тариф на перевозку (в соотв.с Прейскурантом)	у.е./год
	T		
	$n_{\text{рц}}$	Число ЛНРЦ в регионе в составе терминальной сети Дислокация ЛНРЦ в регионе в составе терминальной сети	единиц (в привязке к крупным городам)
	$S_{\text{строит.}}$	Стоимость строительства 1 м ² площади ЛНРЦ	у.е./м ²
	$Q_{\text{рц } i}$	Грузооборот одного ЛНРЦ в сутки	тонн/сутки

Таблица 2 – Расчетные параметры терминальной сети

Категория параметра	Обозначение параметра	Название параметра	Измеритель параметра
Расчетные параметры - для автомобильного транспорта	$T_{\text{дв}}$	Время движения автомобиля	час
	$S_{\text{авт.час}}$	Стоимость одного часа работы автомобиля	у.е./авт.час
	Z	Количество рейсов одного автомобиля	единиц
	$PC^{\text{ат}}$	Количество подвижного состава	единиц
	$S_{\text{ат}}$	Транспортные затраты на один автомобиль в сутки	у.е./авт.сутки
	$S_{\text{тран}}^{\text{ат}}$	Транспортные затраты с учётом количества автомобилей в сутки	у.е./сутки
- для железнодорожного транспорта	$S_{\text{тран год}}^{\text{ат}}$	Транспортные затраты по АТ в год	у.е./год
	$S_{\text{сумм}}^{\text{ат}}$	Суммарные затраты по обслуживанию перевозок	у.е./год
	$T_{\text{дв}}$	Время движения поезда	час
	$S_{\text{ваг.час}}$	Стоимость одного вагоночаса	у.е./ваг.час
	$Z_{\text{ждт}}$	Необходимое количество повагонных отправок	единиц
	$PC^{\text{ждт}}$	Количество подвижного состава	у.е./пво
- для ЛНРЦ	$S_{\text{ждт}}$	Транспортные затраты на одну повагонную отправку	у.е./сутки
	$S_{\text{тран}}^{\text{ждт}}$	Транспортные затраты с учётом количества повагонных отправок в сутки	у.е./год
	$S_{\text{тран год}}^{\text{ждт}}$	Транспортные затраты по ЖДТ в год	у.е./год
	$S_{\text{сумм}}^{\text{ждт}}$	Суммарные затраты по обслуживанию перевозок	у.е./год
	$S_{\text{инвест}}$	Затраты по строительству необходимого числа ЛНРЦ	

Таблица 3 – Основные выходные параметры терминальной сети

Категория параметра	Обозначение параметра	Название параметра	Измеритель параметра
Экономические параметры -транспорта -терминальной сети	$S_{тран i}^{(j,k)}$ $S_{сумм тран i}^{(j,k)}$ $\mathcal{E}_{п/м}$ $S_{инвести}^{(j,k)}$ $\mathcal{E}_{пр/т}$	Транспортные затраты на терминальную перевозку Суммарные затраты на обслуживание перевозок через ЛНРЦ Экономический эффект применения политранспортного обслуживания терминальной сети по сравнению с монотранспортным Затраты на строительство ЛНРЦ в регионе (в соответствии со стратегией их числа) Экономический эффект применения терминальной технологии (по сравнению с прямой)	у.е. /год руб./год д % у.е. /год д %
Пространственно-количественные параметры	N_i M_i $L_{ср п/т};$ $L_{ср м/т}$	Число ЛНРЦ (узлов) в составе терминальной сети Взаимная дислокация ЛНРЦ в регионе Непосредственная близость (размещение) крупных промышленно-транспортных узлов Средние расстояния доставки при политранспортном и монотранспортном обслуживании терминальной сети Существующие транспортно-хозяйственные связи между объектами обслуживания Секторное зонирование территории	
Транспортные параметры	A; Ж; A+Ж	Наилучший вид транспорта (сочетание видов транспорта) для обслуживания терминальной сети	
Технико-эксплуатационные параметры - транспорта - ЛНРЦ	$S_{топл} / T$ q Z $T_{дв}$ $V_{дв}$ $Q_{перераб.}$ E	Нормируемый расход топлива/железнодорожный тариф Грузоподъемность подвижного состава Количество подвижного состава Время движения подвижного состава Скорость движения подвижного состава Мощность ЛНРЦ по грузопереработке Емкость ЛНРЦ (площадь хранения и переработки грузов) Техническое оснащение ЛНРЦ (внутренне подъемно-транспортное оборудование) Техническое оснащение грузовых фронтов (погрузо-разгрузочное оборудование, планировка грузовых площадок)	л/100 км(у.е.) тонн единиц час км/час т/год м ² единиц единиц техник и

Таким образом, дано параметрическое описание терминальной сети региона как системы взаимосвязанных факторов в ЕТЭП.

УДК 331.87:331.820:331:823

А.Н. Поздняков, С.А. Лежава, Т.В. Киселева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В статье отмечены отдельные несовершенства действующей в настоящее время системы управления охраной труда, построенной на принципах реагирования на страховые несчастные случаи, а не на принципах их профилактики. Обоснована необходимость существенной модернизации организации управления охраной труда. Проанализированы отдельные положения ГОСТ 12.0.230-2007. Предлагается интегрированная система управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях и в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, применительно к тепловой электростанции.

Individual imperfections of present operating labour safety system turned of reaction principles to insurance accidents instead of preventive maintenance have been marked in the article. Essential modernization by absolute necessity for labour safety organization has been proved. Separate positions of GOST 12.0.230-2007. Indissoluble communication of control systems by a labour safety and industrial safety at the enterprises and in the organizations maintaining dangerous industrial objects by on an example of a thermal power station have been pointed out.

В качестве одного из важных направлений решения задачи по сокращению уровня смертности населения России, прежде всего граждан трудоспособного возраста, в Указе Президента РФ выделено сокращение уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [2].

По мнению автора [3] решение данной проблемы предполагается за счет перехода в сфере охраны труда к системе управления профессиональными рисками, включая информирование работников о соответствующих рисках, создание системы выявле-

ния, оценки и контроля таких рисков, а также за счет экономической мотивации работодателей на улучшение условий труда.

Приоритетность компенсационных мер по возмещению вреда пострадавшим на производстве в ущерб превентивным мерам является причиной ситуации, когда обеспечение профилактических и защитных мероприятий по охране труда производится по остаточному принципу.

В работе [3] поднимается еще одна проблема – неспособность действующей системы охраны труда к функционированию в условиях новой экономики. Во многом это связано с тем, что организационное оформление системы управления охраной труда завершено в основном в 1970-е годы и, соответственно, она была приспособлена к условиям функционирования крупных промышленных предприятий советской эпохи. Нормативно-правовая база и схемы управления охраной труда основаны на стандартах безопасности труда, принятых 10-20 лет тому назад, и совершенно не адаптированы к специфике малых и средних предприятий, а также сферы услуг, существующих в условиях современной рыночной экономики.

Таким образом, автор [3] обозначает необходимость существенной модернизации организации управления охраной труда, с целью сделать ее простой, ясной и понятной для применения всеми без исключения работодателями и работниками, адаптировать к современным условиям ведения бизнеса и новым потребностям развития экономики, привести нормы и стандарты в области безопасности и охраны труда в соответствие с международными требованиями.

С первого июля 2009 г. вступил в действие стандарт [1]. На уровне организации стандарт предназначен служить руководящим указанием по объединению элементов системы управления охраной труда в качестве составной части общей политики и системы управления в организации и способствовать активизации всех участников трудового процесса с целью применения современных принципов и методов управления охраной труда, направленных на непрерывное совершенствование деятельности по охране труда.

Стандарт [1] предусматривает оценку всех опасностей и рисков, имеющих место в процессе трудовой деятельности.

Задачей нашего исследования является обоснование направления совершенствования систем управления охраной труда и промышленной безопасностью.

В ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» (в дальнейшем – Общество) эксплуатируются энергетическое оборудование, здания и сооружения, участвующие в технологических процессах производства, преобразования, распределения и отпуска электрической и тепловой энергии потребителям. Указанные технологические процессы являются источниками опасностей и рисков. Так, в соответствии с [4], на энергообъекте имеют место физические, химические, биологические и психофизиологические опасные и вредные производственные факторы (О и ВПФ).

Необходимо также отметить присутствие рисков персонала, связанных с эксплуатацией опасных производственных объектов (ОПО). В государственном реестре ОПО [5, 6] зарегистрированы 7 объектов Общества (площадка главного корпуса, площадка подсобного хозяйства, топливное хозяйство, площадка мостового крана-перегрузателя «Блейхерт», транспортный цех, карьер, площадка трансформаторной подстанции), обладающих признаками опасности: получение, использование, переработка, образование, хранение, транспортирование опасных веществ, указанных в приложении 1 к [6]; использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа или температуре нагревания воды более 115⁰С; использование стационарно установленных грузоподъемных механизмов; ведение горных работ.

Отраслевые документы [7] и [8], на основании которых разработана существующая в Обществе система управления охраной труда и промышленной безопасностью (СУОТ и ПБ), в большей степени построены на принципах реагирования на уже произошедшие повреждения здоровья работников, связанные с воздействием О и ВПФ. С принятием [1] планируется переход на новые принципы менеджмента риска.

На энергетическом объекте (в частности в Обществе), как впрочем, и на любом другом предприятии, эксплуатирующем

ОПО, системы управления охраной труда и промышленной безопасностью неразрывно связаны и должны рассматриваться совместно. Любая система управления эффективно функционирует в том случае, если она построена на принципах непрерывного совершенствования и предупреждения нежелательных событий. В СУОТ и ПБ таковыми событиями являются несчастные случаи, микротравмы, профессиональные заболевания и профессионально обусловленные заболевания, аварии и инциденты.

В основу предлагаемой нами новой интегрированной СУОТ и ПБ на энергетическом предприятии целесообразно заложить цикл управления и непрерывного совершенствования «Шухарта – Деминга» (PDCA: Plan – Do – Check – Act (планируй – делай – проверяй – действуй)) [9]. Практической реализацией данного метода являются 6 элементов системы менеджмента [1]: политика, организация, планирование и применение, оценка и действия по совершенствованию.

Введение в Обществе новой интегрированной СУОТ и ПБ планируется начать с разработки политики в области охраны труда и промышленной безопасности, которая будет включать ключевые принципы и цели, выполнение которых Общество принимает на себя. Ключевыми принципами и целями предполагается установить обеспечение безопасности и охраны здоровья всех работников Общества путем предупреждения несчастных случаев, микротравм, профессиональных заболеваний и профессионально обусловленных заболеваний, аварий и инцидентов; соблюдение соответствующих национальных законов и иных федеральных и локальных нормативных правовых актов, которые Общество обязуется выполнять; обязательства по проведению консультаций с работниками и их представителями и привлечению их к активному участию во всех элементах СУОТ и ПБ; непрерывное совершенствование функционирования СУОТ и ПБ.

Для обеспечения безопасности и здоровья работников в Обществе планируется определять и оценивать опасности и риски на постоянной основе. Предупредительные и контролирующие меры в Обществе планируется осуществлять в следующем порядке приоритетности:

- 1) Устранить опасности (риски);
- 2) Ограничить опасности (риски) в его источнике путем использования технических средств коллективной защиты или организационных мер;
- 3) Минимизировать опасности (риски) путем проектирования безопасных производственных систем, включающих меры административного ограничения суммарного времени контакта с О и ВПФ;
- 4) Бесплатно предоставить соответствующие средства индивидуальной защиты, включая спецодежду в случае невозможности ограничения опасностей (рисков) средствами коллективной защиты и принять меры по обеспечению их использования и обязательного технического обслуживания.

При внедрении в Обществе предлагаемой СУОТ и ПБ будут предусмотрены процедуры наблюдения, измерения и учета деятельности по охране труда и промышленной безопасности. Измерения планируются как качественные, так и количественные, соответствующие потребностям Общества.

Текущее наблюдение в предлагаемой к внедрению в Обществе СУОТ и ПБ будет содержать элементы, необходимые для функционирования упреждающей системы. Приоритетными элементами упреждающей системы предполагается сделать наблюдение достижений по конкретным планам, установленным критериям результатов деятельности и целей; систематическую проверку всех производственных систем и элементов; наблюдение за производственной средой; наблюдение за состоянием здоровья работников, где это целесообразно, путем соответствующих медицинских осмотров для раннего выявления признаков и симптомов нарушения здоровья с целью определения эффективности профилактических и контрольных мер; оценку соответствия национальным законам и иным нормативным правовым актам, принятыми на себя Обществом.

Реагирующее наблюдение в Обществе, характерное для существующей до настоящего времени СУОТ и ПБ, включает определение, уведомление и расследование несчастных случаев, профессиональных заболеваний (включая контроль совокупных дан-

ных о временной нетрудоспособности) и инцидентов на производстве; неудовлетворительных результатов деятельности по выполнению требований безопасности и охраны здоровья и недостатков СУОТ и ПБ.

Предлагаемые к внедрению внутренние проверки в Обществе будут включать оценку всех шести элементов СУОТ и ПБ. В общем виде внутренние проверки будут охватывать политику, участие работников, обязанности и ответственность, компетентность и подготовку, документацию СУОТ и ПБ, передачу и обмен информацией, планирование, развитие и функционирование СУОТ и ПБ, предупреждающие и контролирующие меры, управление изменениями, предупреждение аварийных ситуаций, готовность к ним и ликвидация их последствий, материально-техническое снабжение, подрядные работы, наблюдение и измерение результатов деятельности, расследование несчастных случаев, профессиональных заболеваний и инцидентов на производстве и их воздействие на деятельность по обеспечению безопасности и охране здоровья, проверку, анализ эффективности управления охраной труда и промышленной безопасностью руководством, предупреждающие и корректирующие действия, непрерывное совершенствование, любые другие критерии проверки и элементы в зависимости от необходимости.

В Обществе планируется устанавливать и своевременно выполнять мероприятия по непрерывному совершенствованию соответствующих элементов СУОТ и ПБ и СУОТ и ПБ в целом.

Процессы выполнения Обществом требований обеспечения безопасности и охраны здоровья планируется сравнивать с достижениями других организаций в целях совершенствования деятельности по охране здоровья и обеспечению безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2007.

2. Указ Президента Российской Федерации от 09 октября 2007 г. № 1351 «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года»// Собрание законодательства Российской Федерации. – 2007. – № 42. Ст. 5009.

3. Пашин Н.П. Система управления профессиональными рисками// Справочник специалиста по охране труда. – 2008. – №10. – С. 5-9.

4. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1974.

5. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 4 сентября 2007 г. № 606 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по регистрации опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов»// Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2007. – № 46.

6. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»// Собрание законодательства Российской Федерации. – 1997. – № 30. Ст. 3588.

7. «Положение о системе управления охраной труда (СУОТ) в подразделениях и организациях РАО «ЕЭС России» (Рекомендации по организации работы по охране труда). Казань: Электронная библиотека Татарстанского ЦНТИ: Version 2.01, 2002. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

8. «Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах РАО «ЕЭС России» (РД 153-34.0-03.125-2002). Казань: Электронная библиотека Татарстанского ЦНТИ: Version 2.01, 2002. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

9. OHSAS 18001:2007. Системы менеджмента безопасности труда – Требования. Occupational health and safety management systems – Requirements [Электронный ресурс] // EURO MASTER: [сайт]. [2009]. URL: <http://stroystandart.info/index.php?name=files&cat=63> (дата обращения: 03.03.2010).

УДК 528

С.А. Лежава

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ

В статье рассматриваются проблемы состояния окружающей природной среды (ОПС) г.Новокузнецка и Кемеровской области. Приведены статистические даны о количестве выбросов в атмосферу и их составе. Дана краткая характеристика способов защиты ОПС.

Problems of pollution of nature in Novokuznetsk and Kemerovo Region are presented in the work. Statistic data about atmosphere emissions and their quantity are given. The article also contents a brief description of nature protection methods.

Несмотря на спад производства и осуществление ряда природоохранных мер как на федеральном, так на региональном и местном уровнях, экологическая обстановка в Новокузнецке остается неблагоприятной, а загрязнение природной среды – высоким.

Актуальность проблем состояния окружающей среды для г. Новокузнецка, как крупного промышленного центра, усугубляется рядом объективных причин.

Во-первых, географическое расположение города в котловине среди естественных возвышенностей приводит к температурной инверсии, что препятствует рассеиванию загрязняющих атмосферу веществ и способствует их накоплению в городском воздушном пространстве.

Во-вторых, метеорологические условия Новокузнецка таковы, что до 260-270 дней в году штилевые, безветренные. Это также ухудшает процесс самоочищения атмосферы от промышленных выбросов посредством рассеивания.

И, наконец, третье. Архитектура города складывалась в течение почти 400 лет, часто стихийно, без учета требований охраны окружающей среды, экологических норм, часто под влиянием таких форс-мажорных обстоятельств как эвакуация алюминиевого и

ферросплавного заводов в период Великой Отечественной войны и пр. Вследствие этого с градостроительной точки зрения Новокузнецк представляет собой просто совокупность промышленных предприятий и рабочих поселков при них. При классической архитектурной планировке города (рисунок) в нем имеется деловой центр – сити, вокруг него формируется жилая, селитебная зона. Далее радиально организуют рекреационную, зеленую зону (от create (англ.)- создавать). И за ней с подветренной стороны – промышленная зона. При такой планировке города каждому жителю, в каком районе он бы ни жил, всегда удобно добраться до административного центра с его управленческими структурами, крупными торговыми и культурно-спортивными центрами. И также удобно приехать на отдых, на дачу, в зеленую зону города. А выбросы от промышленных предприятий, находящихся в промышленной зоне в соответствии с розой ветров чаще всего не будут попадать в черту города.

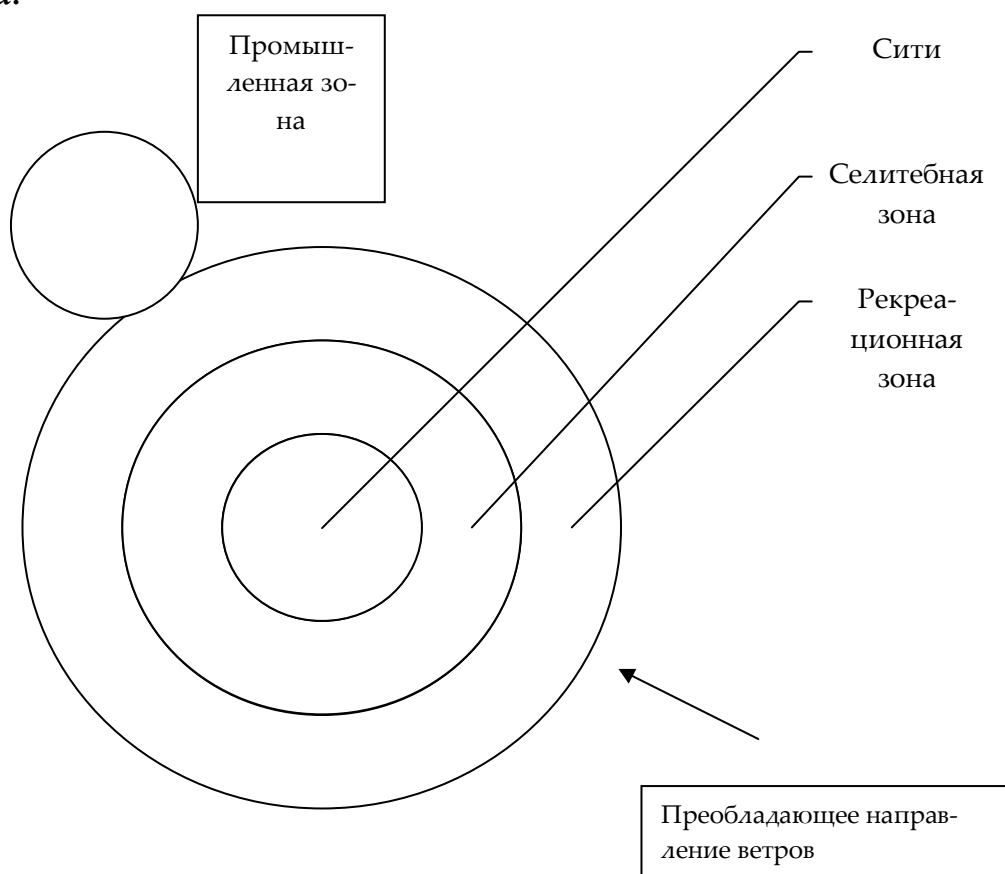


Рисунок – Классическая планировка населенного пункта

В планировке Новокузнецка промышленные предприятия как основные источники загрязнения атмосферы рассредоточены по всему городу. Это приводит к тому, что откуда бы ни дул ветер он всегда принесет выбросы в какую-нибудь часть города. А отдаленность жилых районов от административного центра города приводит к затруднению его экономического развития.

По данным Росгидромета Новокузнецк находится на 3 месте по уровню загрязнения атмосферы среди городов Российской Федерации. Его опережают только Норильск, в котором выбросы ежегодно составляют 1940 тыс.т., и Воркута (535 тыс. т.).

Загрязнение атмосферы в Новокузнецке является результатом чрезвычайно высокой концентрации различных производств. На небольшой территории в 424,27. км² расположены 4 172 стационарных источника загрязнения атмосферы и зарегистрировано 145 873 единиц автомобильного транспорта. Всего в атмосферу города в 2008 г. было выброшено 388 200 т загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения атмосферы 77 050 т от передвижных источников. Состав выбросов насчитывает 95 наименований веществ (таблице 1). Таким образом, на каждого жителя Новокузнецка ежегодно приходится 827 кг загрязняющих веществ, которые этими жителями вдыхаются, оседают в жилищах, на одежде и т.д.

Таблица 1 – Валовые выбросы загрязняющих атмосферу веществ

Наименование загрязняющего вещества	Количество выбросов в год, тыс. т		Изменение за 5 лет, %	Средняя за год концентрация в долях ПДК в 2008 г.	Максимальные разовые концентрации в долях ПДК
	2003 г	2008 г.			
Твердые	60,9	45,1	-15,8	1,7	4
Диоксид азота	26,1	16,1	-10,0	1,2	2,3
Диоксид серы	40,9	39,95	-0,95	Менее 1	Менее 1
Оксид углерода	284,9	240,9	-44	Менее 1	2,4
Водород фтористый	1,1	0,92	-0,18	1,2	8,3
Фенол	0,288	1,183	-0,895	Менее 1	4,4
Формальдегид	0,0006	0,0001	-0,0005	3,7	4,1
Цианистый водород	1,04	0,79	-0,25	Менее 1	0,038 мг м ⁻³
Аммиак	0,863	0,537	-0,326	Менее 1	1,9
Сажа	0,757	0,776	+0,019	Менее 1	2,0
Бенз(а)пирен	0,001122	0,001123	-0,000001	4,8	9,0
Итого	476,5	388,2	-88,3		

Главную долю в валовые выбросы в атмосферу Новокузнецка вносят предприятия черной металлургии (73 %), далее идут уголь-

ная промышленность (9,5 %), энергетика (8,5 %) и цветная металлургия (5,7 %).

Если в целом валовые выбросы в атмосферу города снижаются, то автотранспорт сегодня дает их увеличение. Благосостояние наших жителей прямо отражается на количестве принадлежащих им автотранспортных средств. За год их число возросло примерно на 13 тысяч, большинство составляют легковые машины горожан. Сегодня выбросы от передвижных источников составляют около 20 процентов от выбросов стационарных источников загрязнения атмосферы.

Новокузнецк стоит на первом месте по уровню загрязнения среди городов Кемеровской области (таблице 2)

Таблица 2 – Валовые выбросы в атмосферу городов Кемеровской области в 2005 г.

Наименование населенных пунктов	Выброс, тыс. т	Доля вклада в загрязнение области, %
Новокузнецк	431,482	43,14
Белово	86,493	8,65
Ленинск-Кузнецкий	65,567	6,56
Кемерово	63,532	6,35

Одним из экономических механизмов природоохранной деятельности является выдаваемое органами исполнительной власти местной администрации разрешение на выбросы в атмосферу. Предприятия, у которых валовые выбросы в атмосферу более одной тонны, в обязательном порядке проходят инвентаризацию выбросов с целью определения им предельно допустимого выброса в атмосферу каждого вещества. Тем, кто откажется соблюдать данную норму, плата за загрязнение окружающей среды будет возрастать в 25 раз. Это является мощным экономическим стимулом для предприятий к соблюдению природоохранных норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии окружающей среды города Новокузнецка. – Новокузнецк, 2009 г. – 71с.
2. ЭКО-бюллетень ИнЭКА, 2005 – 2008 гг.
3. Экология Кемеровской области 2000-2004 г.г.: Стат. сб. /Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области - Кемерово, 2005 – 160 с.
4. Косинский П.Д., Шабашев В.А. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. – Проблемы современной экономики. 2007 г, №3 (19), с. 18-26.

УДК 691. 223

А.П. Коробейников, А.Н. Филин, А.В. Тутьинин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Отходы обогащения железных руд характеризуются сложным химическим и минералогическим составом и не представляют ценности для металлургии.

The Waste of enrichment of iron ores is characterised by difficult chemical and mineralogical structure and does not represent value for metallurgy

При обогащении железных руд на Абагурской агломерационно-обогатительной фабрике ежегодно образовывалось 3 млн. тонн отходов. За весь период накоплено 75-100 млн. тонн отходов. Они занимают большие площади и относятся к числу неопасных веществ.

Химический состав отходов является сложным, в них содержится около тридцати элементов ещё сложнее минералогический состав, из присутствующих цветных металлов следует отметить наличие Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mo, Sn, Bi, Sb, Cd. Содержание этих элементов очень низкое и не имеет практической ценности, ещё ниже содержание редких, рассеянных элементов и лантанидов. Практическую ценность представляет только железо, содержание которого на некоторых участках отвалов достигает 26% и выше. Извлечение его из отходов не представляет технической сложности. Но, вероятно, богатого по содержанию железа концентрата не будет получено, что отрицательно скажется на металлургической переработке.

Часть цветных металлов уйдёт в чугун и далее в сталь. Извлечение цветных металлов из стали не представляется возможным. Кроме цветных металлов в отходах ещё имеются вредные вещества: фосфор, сера, мышьяк, сурьма, свинец. При выплавке чугуна они отрицательно влияют на качество стали. Одновременно мышьяк, сурьма, свинец присутствуют в газовой фазе при восстановлении. К счастью эти элементы не приносят вреда окружающей среде

пока они находятся в природных минералах в отвалах. Наиболее ценными элементами являются золото и серебро.

Все известные методы по переработке отходов обогащения железных руд можно расценить как малоэффективные. Недостатки известных способов заключаются в следующем: нет возможности извлечь золото, серебро, галлий, иттрий; металлы лантаноиды, цинк по причине их низкого содержания. Технологии их извлечения отсутствуют. Ценные элементы распределены практически равномерно по всем минералам и отделить их или сконцентрировать в одной фракции не представляется возможным.

Авторами данной работы выполнены исследования по комплексной утилизации отходов. В результате исследования переработано 1 млн. тонн отходов, что позволило внедрить технологию по их полной утилизации. В том числе технологию по извлечению из сырья металлов нерастворимых в кислотах и щелочах. Разработаны технологии извлечения из отходов благородных металлов и сравнены с действующими

Для исследований подготовили две пробы отходов обогащения железных руд. Партии проб отличались гранулометрическим составом. Первая партия представлена песковой фракцией, а вторая – иловой.

Проведённый микроскопический анализ проб свидетельствует о том, что основа их – алюмосиликатные породы, минеральные формы железа – магнетит, гематит, пирит. По данным химического анализа содержание железа и цветных металлов в пробах было следующим (%) (Таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав проб

	Fe	Ni	Cu	Co	Zn
Песковая фракция	7,4	0,01	0,04	0,01	0,05
Иловая фракция	5,1	0,01	0,03	0,01	0,04

Железо в пробах определялось только в формах Fe^{+3} и FeS_2 . Как видно из полученных данных, отходы обогащения бедны по цветным металлам. Содержание золота и платиновых металлов в обоих пробах ниже предела обнаружения пробирно - спектральным методом ($< 0,2$ г/т).

Целью исследования являлась оценка эффективности и перспективности обогащения хвостов по драгоценным и цветным металлам.

Обогащение проводилось на эффективном аппарате для выделения тонких частиц тяжелых минералов – концентраторе Кнельсона. Масса проб составляла 25,6 кг для песковой фракции и 15,9 кг – для иловой фракции. В результате обогащения получены следующие концентраты. (Таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав концентратов

Исходный материал	Масса концентрата, г	Содержание металлов, г/т				
		Au	Ag	Pt	Pd	Rh
Песковая фракция	141,6	1	30	2	1,5	1
Иловая фракция	65,3	0,6	6	2	1	1

Степень сокращения массы проб составила приблизительно 200. Из полученных данных следует, что концентраты бедны по золоту, несколько выше их содержание серебра. Также изучили и установили, что данные концентраты соответствуют уровню бедных золотых руд. Это практически однозначно свидетельствует о нерентабельности обогащения проб представленных отходов. Содержание цветных металлов в концентрате несколько выше, чем в исходных материалах, но не представляет промышленного интереса (Таблица 3).

Таблица 3 – Содержание цветных металлов в концентрате

Исходный материал	Содержание в концентрате				
	Cu	Ni	Co	Zn	Fe
Песковая фракция	0,10	0,03	0,04	0,05	14,5
Иловая фракция	0,08	0,02	0,03	0,04	10,5

Это обусловлено глубоким окислением частиц пирита, концентрирующих цветные металлы, вследствие чего их удельный вес близок к удельному весу пороодообразующих минералов.

Из полученных данных следует, что только часть перерабатываемых руд железа характеризуются злотоносностью. Поэтому для окончательного решения вопроса о перспективности переработки

отходов руд железа целесообразно исследовать отходы отдельного конкретного месторождения. Если в результате обогащения можно выделить концентраты содержащие десятки г/т золота при его точном извлечении не менее 50-100 г, то это уже будет нижним уровнем рентабельности, позволяющим окупить затраты на приобретение и эксплуатацию промышленного концентратора Кнельсона в течение одного года.

Если полученный концентрат повторно обогатить на концентраторе Кнельсона при степени сокращения пробы 70-75 раз, то получим концентрат содержащий Au – 50 г/т, Ag – 500 г/т. В промышленных условиях степень сокращения поддерживается на уровне 3000 – 5000 раз за один цикл обогащения.

Если концентрат перечистить, то получим Au – 50 г/т, Ag – 500 г/т при степени сокращения пробы 70 – 75 раз. Для сравнения проведена эффективность работы старательских артелей. Которые являются основными поставщиками золота.

Промышленный аппарат Канады фирмы Кнельсон: производительность 40 тонн исходной руды.; цена 45000 – 50000 \$. В Бодайбо окупается аппарат за 10 дней. Оборудование старательской артели используют эффективно.

Применение флотации для переработки отходов позволило получить сульфидный концентрат содержащий 44,7 % S; 0,63% Cu, 0,22% Co, 0,48 г/т Au, 3,16 г/т Ag. Исходная проба содержала 18,0 % Fe, 4,1% S, 0,08% Cu, 0,05% Zn, 0,028% Co; 0,08 г/т Au, 1,2 г/т Ag. Выход концентрата составил 8%. Сырье предварительно измельчалось, содержание класса – 0,74 мм в измельченной пробе составило 90%.

Дальнейшее измельчение пробы до крупности менее – 0,074 мм (96% класса – 0,074мм) позволило получить флотационными методами медный концентрат состава: 18,9% Cu, 6,0% Zn, 29% S, 8 г/т Au, 59 г/т Ag и одновременно выделили пиритно-кобальтовый концентрат состава: 47% S, 0,25% Co, 0,25 г/т Au, 1,72 г/т Ag. Для флотации применяли бутиловый ксантогенат. Полученные концентраты по всем элементам (кроме серы) следует считать очень бедными. Для сравнения можно отметить, что в известных месторождениях руды содержат 40-60% кобальта. Следовательно переработка отвалов с целью извлечения ценных элементов следует считать не рациональным.

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.147

Т.А. Михайличенко, О.Б. Громова*

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

*ГОУ ВПО «Московский государственный вечерний металлургический университет», г. Москва

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ

Рассматриваются проблемы совершенствования самостоятельной работы студентов в контексте формирования информационно-познавательных компетенций. Выявлены базовые универсальные компетенции, сформулированы принципы самостоятельной работы. Отмечается перспективность технологии ассесмент-центра для оценки уровня овладения компетенциями.

The article deals with the problems of improvement of unassisted students' work in connection with forming of informative competences. It describes basic universal competences and main principles of unassisted work. The authors note availability of the assessment-center for describing the level of competences mastering.

Российская система высшего образования переходит на европейские стандарты в контексте Болонского процесса. Главной отличительной особенностью новых образовательных стандартов (ФГОСов) по сравнению с действовавшими ранее является компетентностный подход к их проектированию. Прагматическая сущность компетентностного подхода заключается в том, что результат образования «измеряется» набором компетенций, которые оцениваются целой системой контрольно-оценочных средств. Компетенции делятся на универсальные (общенаучные, инструментальные и социально-личностные) и профессиональные (по видам деятельности). Формирование и оценка всех без исключения компетенций – задача преподавателя вуза, перешедшего на ФГОСы третьего поколения. В группе универсальных компетенций можно выделить ряд компетенций, которые неотделимы от самостоятельной работы студентов (информационно-познавательные компетенции).

Актуальность совершенствования самостоятельной работы в вузе в современных условиях не вызывает сомнений: удельный вес времени, отводимого на организацию этого вида занятий, все возрастает, и повышение эффективности самостоятельной работы студента будет существенно влиять на качество подготовки специалиста. Сегодня требуется подготовка специалиста, способного к непрерывному профессиональному самосовершенствованию и саморазвитию, обладающего теми информационно-познавательными компетенциями, которые позволили бы ему активно включаться в самостоятельную познавательную деятельность в процессе обучения и способного активно использовать свои информационно-познавательные компетенции в последующей деятельности с целью непрерывного прогрессивно-творческого саморазвития.

Следует отметить, что в российской высшей школе накоплен богатый опыт организации и методического обеспечения самостоятельной работы студентов. Значительный вклад внесли многие ученые: В. И. Загвязинский, П. И. Пидкасистый, А. А. Вербицкий и др. Последние разработки В. И. Байденко, И. А. Зимней, Н. В. Борисовой и др. подготовили методологическую базу для переноса компетентностного подхода к формированию образовательных стандартов на российскую почву. Однако в современных условиях модернизации высшего образования и новых требований к повышению качества подготовки специалиста требуется разработка компетентностного подхода к самостоятельной работе студентов с позиций информационно-познавательных компетенций.

В связи с этим были выявлены и предложены в качестве базовых информационно-познавательных компетенций следующие:

- находить требуемую литературу, пользоваться библиографическими справочниками, работать с каталогами и Интернетом;
- вычленять и анализировать вновь полученную информацию;
- систематизировать и структурировать вновь полученную информацию;
- запоминать и хранить вновь полученную информацию;
- использовать полученную информацию в докладе, диспуте, споре;

- использовать полученную информацию для написания реферата, курсовой, дипломной работы;
- применять полученную информацию для выполнения типовой задачи, типового задания;
- применять полученную информацию для решения творческой, исследовательской задачи.

В процессе организации самостоятельной работы с целью формирования у студентов информационно-познавательных компетенций нами были сформулированы основные ее принципы:

- индивидуализация работы;
- задание вектора самоорганизации;
- мотивация самостоятельной деятельности;
- возможность коррекции (собственными силами студента) и корректировки (в ходе контролирующих действий преподавателя);
- самооценка деятельности;
- практическая ориентированность;
- профессиональная и личностная значимость конечного результата;
- интегрированность с позиций усиления межпредметных связей.

Реализация этих принципов предусматривала возможность самостоятельного выбора тем, форм и направлений самостоятельной работы (в рамках действующего на законодательном уровне регламента – ФГОСа).

В ходе исследования проводилась систематическая оценка и самооценка как отдельных информационно-познавательных компетенций из рассмотренного выше набора, так и результативности самостоятельной работы студентов. Среди использованных методов оценки – самоотчеты студентов, анкетирование, тестирование, шкалирование и различные комбинации этих средств контроля. Следует отметить трудности чисто методического характера, с которыми столкнулись авторы: разработки тестов, шкал, анкет и др., учитывающих специфику различных направлений подготовки специалистов, практически отсутствуют, поэтому приходилось действовать, исходя из собственного опыта и, главное, учитывая опыт специалистов по управлению персоналом предприятий. С этой

точки зрения интерес для преподавателей вузов представляет относительно новая технология – ассесмент-центр (метод оценки обучающегося в форме деловой игры). Это комплексная технология с использованием взаимодополняющих методик, ориентированная на оценку реальных качеств студентов (на входе, в процессе обучения и на выходе), их профессиональных и личностных особенностей, а также на выявление и развитие способностей. Предлагается примерный состав процедур ассесмент-центра:

- интервью (варианты – анкетирование, тестирование, шкалирование) с преподавателем (экспертом), в ходе которого выясняются данные о студентах, их творческом и профессиональном потенциале;
- деловые игры или кейс-стади (конкретные ситуации), подготовленные преподавателем по определенному сценарию в соответствии с конкретной образовательной траекторией обучающихся с целью конструирования неких поведенческих ситуаций и формирования компетенций;
- обязательный индивидуальный анализ поведения студентов в предложенных (или выбранных) условиях и мотивированная оценка.

Апробация исследования результативности самостоятельной работы студентов осуществлялась на практических и лабораторных занятиях, посредством проведения студенческих конференций. Выступление на конференции является необходимым элементом оценки результативности самостоятельной работы, а также способом самооценки. Публичная форма представления результатов работы повышает ответственность и развивает такие компетенции, как убеждать и быть убедительным, вступать в дискуссию и выходить из нее и другие, которые определяют профессионализм и деловую этику.

Другой важной особенностью публичной формы защиты результатов является увеличение объема информации. Ведь публичные слушания, как правило, охватывают широкий спектр проблем, вынесенных на самостоятельную проработку. Кроме того, если в полной мере срабатывает принцип самоорганизации познавательной деятельности, то наиболее продвинутые студенты для того, чтобы привлечь внимание аудитории, используют самые современные технологии представления материала, зачастую даже не

подозревая об этом (презентация, лекция вдвоем или втроем). Кроме того, публичное выступление развивает и повышает культуру речи, формирует опыт общения с аудиторией, умение формулировать и излагать свои мысли. Эти элементы образования инженера становятся все более необходимыми с учетом тенденций современной социальной жизни, а именно, современные технические средства дают возможность человеку не общаться непосредственно с другим носителем (получателем) информации – есть Internet и другие средства.

В результате установлено, что при овладении основными информационно-познавательными компетенциями у студентов активизировались все процессы «самостоятельности»: самообразования, самопознания, самоопределения, самоуправления, самосовершенствования, самореализации и саморазвития.

В заключение необходимо отметить, что подобные исследования носят «пилотный» характер, так как в действующих образовательных стандартах результатом образования является набор квалификационных характеристик, установленный для различных профессий. Несколько упрощая суть «болонских» преобразований, можно считать, что ФГОСы, помимо профессиональных компетенций содержат требования обладания выпускниками вузов и целым рядом других универсальных компетенций. Так как компетенции в отличие от навыков осознаны, а в отличие от умений – переносимы, то овладение ими позволяет активизировать саморазвитие и творческий потенциал студентов, способствует повышению успешной деятельности, самоорганизации и самостоятельности личности, что крайне важно в современных реалиях.

Нам представляется, что именно такой подход к преподавательской деятельности, когда студент выступает в ней в качестве субъекта, а не объекта образовательного процесса, а его профессионально-личностное развитие является главной целью образования, послужит отправным моментом для компромисса между фундаментальностью российской системы образования и новаторской сущностью компетентностно-ориентированного западного образования.

УДК 378.147

Т.А. Михайличенко, О.Я. Логунова, А.Е. Корочкин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Дана оценка курсовому проектированию как важному элементу самостоятельной работы студентов, способствующему развитию творческой активности студентов и обучающему искусству принимать решения. Проведен сравнительный анализ с результатами аналогичного обследования (2005г.) и выявлены основные тенденции.

The estimation is given to course designing as to the important element of independent work of students and training art to make of the decision. The results of these studies are compared with similar studies (2005) and the dominant tendencies are revealed.

Пять лет назад авторами проводилось исследование, в котором была дана оценка курсовому проектированию как важнейшему элементу самостоятельной работы студентов, формирующему у них творческую активность, профессиональную ориентацию и навыки принятия профессиональных решений. По результатам анкетирования были рассмотрены некоторые аспекты организации самого процесса курсового проектирования и сделаны выводы по его совершенствованию [1].

В настоящее время российские вузы переходят на новые образовательные стандарты (ФГОСы), в соответствии с которыми результат образования определяется целым набором компетенций. Для их оценки каждым вузом должны быть разработаны и утверждены фонды оценочных средств, позволяющих оценить уровень знаний и компетенций.

В связи с усилением роли самостоятельной работы студентов трудно переоценить значение курсового проектирования в образовательном процессе. Вместе с тем, проблемы экономического характера, а именно - снижение заработной платы в металлургической отрасли, неустойчивое состояние отрасли в экономической системе страны и др. факторы - оказали отрицательное влияние на отношение студентов к будущей профессии и мотивацию их поведения в процессе обучения.

Исходя из этого, целью настоящей работы являлось внесение корректирующих поправок в систему организации и оценки курсового проектирования с целью повышения его эффективности как обучающего элемента.

В работе проводилось анкетирование студентов институтов металлургии и материаловедения и экономики и менеджмента, а также студентов строительного факультета и факультета автоматки, информатики и электромеханики с целью сопоставления ответов, сделанных с интервалом около пяти лет. При этом так же, как и в предыдущем опросе, была возможность сравнить ответы студентов, выполняющих курсовой проект в рамках спецкурса и общего курса. Кроме того, для одной из специальностей этот общий курс был хотя и не специальным, но близким по роду предстоящей деятельности, а для другой – общеобразовательным (из блока общепрофессиональных дисциплин).

В настоящее время 86% (по сравнению с 89% в прошлом обследовании) опрошенных студентов считает курсовое проектирование необходимым элементом учебного процесса. Но если раньше такого мнения придерживались 100% слушателей спецкурса и 87,5% слушателей общего курса, то теперь такого единодушия не наблюдается (90% и 81%, соответственно).

Ответы на вопрос о сложности задания на курсовое проектирование также изменились. Если раньше почти половина слушателей спецкурса высказались за сложное задание, то теперь их число резко упало до 10%. Среди слушателей общего курса, как и раньше, большая часть считает наиболее целесообразным выдачу задания средней сложности, но, в отличие от прошлого опроса, среди этой группы студентов появились сторонники сложного варианта задания, причем их число превысило число сторонников легкого задания.

Анализ вопросов анкеты о необходимости курсового проектирования и о сложности заданий позволяет предположить значительное снижение амбициозности и заинтересованности студентов в приобретении профессиональных навыков, возможно, потерю профессионального интереса, что может быть связано с неуверенностью в своем профессиональном будущем.

В развитие этой темы студенты отвечали на вопрос: как они считают, пригодятся ли им в будущей практической деятельности навыки, приобретенные при проектировании. Если раньше 100%

слушателей спецкурса высказали уверенность в том, что работа над проектом поможет им в профессиональной деятельности, то в этот раз их число снизилось до 57%, т.е. почти вдвое. Мнение остальных студентов осталось практически без изменений.

Несколько вопросов в анкете были заданы для выяснения наиболее рациональной, по мнению респондентов, организации проектирования. По результатам прошлого опроса 62% предпочитали работу над проектом в аудитории в присутствии преподавателя или дома – 38%. Занятия в библиотеке не привлекали никого. По данным последнего опроса, эта пропорция примерно сохранилась, но появились студенты, работающие над курсовым проектом в библиотеке, и доля этих студентов весьма значительна - 9%. Интересно, что это - слушатели спецкурса и, по-видимому, наиболее самостоятельная и креативная часть студентов, умеющих и желающих работать с первоисточниками в читальном зале. При этом, если ранее предпочтение отдавалось работе с товарищем (61%) или индивидуальной работе (30,5%), то на этот раз доля «индивидуалистов» практически не изменилась (28%), а доля желающих работать в коллективе увеличилась до 30%. Казалось бы, наблюдается отчетливая тенденция к коллективному труду (творчеству). Вместе с тем, из этих цифр можно сделать и не такие оптимистичные выводы. Коллективная работа предполагает возможность воспользоваться знаниями всех членов коллектива (мозговой штурм), что для одних студентов связано с более высокой производительностью и быстрее освоением материала, а для других («балласта») - возможностью воспользоваться готовыми решениями.

В настоящее время все студенты сдают расчетно-пояснительные записки, набранные на компьютере, при этом 96% имеют домашние компьютеры, а остальные 4% используют оргтехнику университета или товарищей. Пятилетние наблюдения за оформлением записок привели к выводу, что студенты научились облегчать свою работу путем тиражирования основного текста записки с простой подстановкой своих данных. В этом случае текст, заимствованный у товарища (в худшем варианте это может быть другой источник), используется как своего рода шаблон. На этапе обучения подобного рода унификация недопустима с методической точки зрения, хотя с точки зрения будущей профессиональной деятельности в этом есть рациональный элемент.

Графическая часть курсового проекта является наиболее трудоемкой и сложной. Изучение графических редакторов входит в учебную программу для строителей. Что же касается студентов других специальностей, не изучающих графические редакторы в обязательном порядке, то в отличие от прошлых данных, когда компьютерной графикой владели лишь единицы, уже 63% студентов освоили эти программы.

По результатам прошлого опроса большинство студентов высказались за решающую роль публичной защиты в итоговой оценке проекта. Настоящий опрос выявил различные мнения на этот счет слушателей спецкурса и общего курса.

Так, 52% первых высказались за то, чтобы при выставлении оценки учитывались как качество оформления проекта, так и результаты публичной защиты. Число согласных с ними слушателей общего курса достигает 91%. Следует думать, что это наиболее творческая и думающая часть будущих инженеров, учитывая, что на публичной защите задаются вопросы не только по расчету, но и по конструкции и работе системы (теплового агрегата) в целом и их отдельных составляющих. По-видимому, именно сюда и входят студенты, желающие получить и выполнить задачу повышенной трудности. Они же собираются в будущем работать по специальности.

В анкете дополнительно задавался вопрос о качестве методического обеспечения курсового проектирования. 48% из опрошенных не имеют претензий к качеству методического сопровождения курсового проектирования, а из 52% недовольных целиком или частично – 46% желает получить итоговую оценку только за записку и чертежи. Это свидетельствует о том, что данная категория студентов озабочена не столько качеством знаний, сколько оценкой. В целом, последняя категория составляет 20% от общего количества респондентов.

Неудовлетворенность методическим обеспечением основана на отсутствии цифровых примеров, сверяясь с которыми можно контролировать собственный расчет, а также заимствовать некоторые справочные данные и тем самым исключить работу с литературой. Считаем, что курсовое проектирование должно сопровождаться работой с литературой в обязательном порядке.

Исходя из этого, в связи с недостатком справочников сформирован виртуальный пакет информации, содержащий все необходи-

мые для расчетов разделы, таблицы, СНиП и др. Авторы считают, что такая форма предоставления данных предпочтительнее внесения их в методические указания.

В заключение – несколько слов о контроле процесса курсового проектирования. Рейтинговая оценка знаний в ходе курсового проектирования очень хорошо вписывается в систему оценочных средств новых государственных образовательных стандартов и, по данным многих исследователей [2,3], дает объективную, устойчивую и наглядную оценку знаний, позволяющую к тому же в динамике отслеживать ход проектирования с возможностью корректирующих действий по отношению к обучаемому. При этом наиболее эффективно сочетание рейтинговых технологий с модульным принципом.

Рейтинговый вариант оценки получил одобрение со стороны большинства студентов и, по нашему мнению, позволяет расширить оценочную шкалу рубежного контроля, учесть затраты времени на выполнение различных разделов проекта, производить экспресс-контроль за работой каждого студента и тем самым ввести дополнительную мотивацию к изучению дисциплины.

Результаты опроса также показали, что одним из значительных стимулов к приобретению знаний по выбранной специальности является положение данной специальности на рынке труда. 8% опрошенных уверены в том, что не будут работать по специальности, а 46% сомневаются в работе по специальности. Этим, на наш взгляд, и объясняется снижение интереса к знаниям, а также желание минимизировать интеллектуальные затраты при выполнении курсовых проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корочкин А.Е., Михайличенко Т.А., Логунова О.Я. Курсовое проектирование в техническом вузе // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. – Новокузнецк: Сибирский гос.индустр.университет. – 2006. – Вып. № 17. – С. 195 – 198.

2. Попов Ю., Подлеснов В., Садовников В. и др. Рейтинговая система // Высшее образование в России. – 2001. – №4. – С. 131 – 137.

3. Харитонов Е.А., Харитонова Н.Е. Новые подходы к оценке знаний студентов по дисциплине // Проблемы разработки учебно-методического обеспечения перехода на двухуровневую систему в инженерном образовании. – Матер. межвуз. научно-метод. конф. (Москва, 19-21 ноября 2007 г.). – М.: МИСиС. – 2007. – С. 221 – 227.

УДК 378.147:[811:004]

С.А. Лежава, В.П. Дмитрин, Ф.Н. Никифоров, С.С. Цуцкиридзе

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ЕЩЕ РАЗ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ СВЯЗИ ТЕОРИИ С ПРАКТИКОЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

«Теория без практики мертва» А.В.Суворов

В статье рассматривается актуальная проблема связи теоретического обучения в вузе с приобретением студентами практических навыков. Описан полезный опыт проведения практического занятия в реальных условиях производства на ОАО «Шахта «Большевик». Подробно проанализированы условия горно-шахтного производства и средств обеспечения безопасности.

In this article a problem of connection between theory and practice in high education is considered. Important experience of practice at the mining enterprise "Shakhta "Bolshevik" is described. Mining work conditions and safety systems are analyzed.

Традиционно сложившаяся во всем мире методика обучения в высших учебных заведениях представляет собой чтение теоретического курса лекций, который подкрепляется практическими занятиями. Практические занятия проводятся, как правило, в форме лабораторных работ на установках, максимально приближенных к условиям производства. Однако в последние годы в связи с недофинансированием учреждений высшего образования, не только обновление, но и содержание лабораторной базы ВУЗов становится весьма затруднительным. Лабораторные установки и стенды морально и физически устаревают, а обновления нет. Поэтому все чаще приходится заменять лабораторные работы расчетами, испытания на реальных производственных установках — компьютерными моделями. Отдавая должное компьютеризации, все же хочется отметить, что материальные блага создаются с использованием реальных машин и механизмов.

С переходом большей части учреждений высшего профессионального образования на двухуровневую систему проблема

подкрепления теоретического материала практикой становится еще более острой. Неизбежное в этом процессе сокращение часов учебной нагрузки проводится в первую очередь за счет уменьшения практических и лабораторных занятий. Например, такая общепрофессиональная дисциплина как «Безопасность жизнедеятельности» ранее состояла из равного количества лекций, практических занятий или лабораторных работ. В настоящее же время в учебном плане остались только лекции. Это существенно усложняет освоение материала, лишает студентов возможности применить лекционный материал к решению конкретных практических задач, поскольку овладеть теоретическими знаниями и уметь применить их — две совершенно разные вещи. Сокращение количества часов учебной нагрузки по таким важнейшим дисциплинам как «Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана труда» не приведет к росту числа профессионалов, сокращению количества аварий и увеличению надежности производства.

На рубеже веков обнаружилась еще одна тревожная тенденция – ослабление связи теоретических курсов, преподаваемых в высшем учебном заведении для студентов горных специальностей, с реальной действительностью на производстве. Рыночная экономика вносит свои жесткие коррективы, значительно усложняющие, а порой и делающие невозможным знакомство студента с предполагаемым местом работы. Акционирование горных предприятий, переход их из государственной в частную собственность привели тому, что руководители частных компаний и предприятий не заинтересованы в работе со студентами.

В настоящее время в период экономического кризиса прикрепление студента на практику на рабочее место, а еще лучше и с оплатой, становится задачей выполнимой только для небольшой части студентов. Как правило, это те, чьи родители, знакомые или родственники уже работают на горнодобывающих предприятиях

Не секрет, что еще одной, ранее не актуальной, причиной потери связи теоретического образования с практикой является слабая мотивация студента на получение образования по выбранной специальности. У многих нет желания учиться, нет видения своих жизненных перспектив после получения диплома. Тем существ-

веннее становится задача заинтересовать студента реальным производством, показать ему на практике, что все, чему его учат на лекциях, на самом деле применяется, востребовано, пригодится ему в будущей профессиональной деятельности.

Недостаточная практическая подготовка молодого специалиста приводит к увеличению срока адаптации на производстве, снижает эффективность его труда, может служить причиной производственного брака, аварий машин и механизмов. Последние в опасных условиях угольных шахт могут привести к катастрофам.

В горнодобывающей промышленности обеспечение безопасных условий труда имеет чрезвычайно важное значение в связи с особенностями горного производства, порождающими дополнительные опасности и вредности. При добыче полезных ископаемых человек сталкивается с особенно сильным влиянием природных факторов на ход технологических процессов, работу оборудования и поведение людей. Поэтому при выборе техники, технологии и форм организации труда надо полностью учитывать эти факторы, а при руководстве работами следить за их изменением, оперативно и правильно корректировать параметры технологии и действия людей.

Известно, что на угольных предприятиях всегда уделялось большое значение предварительному обучению правил безопасности, обучению профессии и регулярному повышению квалификации. Очевидно, что оборудование, приборы и средства индивидуальной защиты необходимо показывать и объяснять на реальных действующих моделях. Поэтому значительную часть времени обучение должно проводиться в горных выработках шахты.

В процессе обучения работник должен получить информацию о том, к каким последствиям могут привести нарушения норм охраны труда и промышленной безопасности. Понимание реальной опасности при нарушениях правил безопасности позволит рабочему выработать правильное отношение к технике безопасности и впоследствии, в процессе работы, не допускать нарушений. Приобретение навыков и приемов, а также развитие профессионально важных свойств у горнорабочих и инженерно-технических работников наиболее быстро и эффективно осуществляются на

тренажерах - взаимосвязанной совокупности технических устройств, предназначенных для выработки у человека необходимых в реальных условиях труда навыков и умений.

Закрепление и развитие навыков и умений происходят в процессе работы студента стажером или дублером. Наставник или прикрепленный к новичку опытный рабочий должен показывать пример соблюдения требований техники безопасности и дисциплины. Все новички, проходящие стажировку, могут быть объединены в бригады и направлены для работы в специальные учебные забои. Эти бригады не должны иметь плана производства, а руководство работой в них следует возлагать на опытных горных мастеров и ИТР. Учебные лавы должны располагаться в средних горнотехнических условиях. Выполнение безопасных приемов труда с помощью тренировок должно быть доведено до уровня автоматизма, когда у человека вырабатываются устойчивые сенсомоторные навыки и он выполняет приемы быстро, точно и вовремя, по привычке.

Будущим инженерам – руководителям и организаторам работ на различных участках, необходимо иметь четкое представление о горном предприятии до выполнения выпускной квалификационной работы. В этом заинтересованы сами студенты, в этом заинтересованы и преподаватели.

Важность решения данной задачи особенно очевидна преподавателям специальных и общепрофессиональных дисциплин, которые имеют значительный стаж работы на предприятиях, в том числе и подземный.

Важность выполнения данной задачи глубоко осознается на горном факультете Сибирского государственного индустриального университета. Следует отметить, что такое же понимание появляется и у здравомыслящих и работающих на перспективу владельцев и руководителей угольных шахт.

Предоставление возможности экскурсионного ознакомления студентов с шахтой выгодно для работодателя, для государства и для самого студента – вполне возможно, что молодой специалист (ни разу не бывавший в шахте, знающий о ней только из теорети-

ческих лекционных курсов), спустившись в шахту, поймет, что он выбрал именно ту нужную ему специальность.

Учитывая это, выпускающая кафедра «Горные машины» и кафедра «Общая экология и БЖД», ведущая дисциплину «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело», провели практические занятия непосредственно в шахте для студентов 3 курса специальности «Горные машины и оборудование» в декабре 2009г.

Руководство ОАО «Шахта «Большевик», в лице директора Евсеева Е.В., выпускника горного факультета СибГИУ, заместителя главного инженера по ТБ Цуцкиридзе С.С., начальника участка №1 Романова Н.Т., с пониманием отнеслось к обращению руководства кафедр горного факультета СибГИУ.

Ответственный за спуск в шахту студентов, заместитель главного инженера по ТБ, Цуцкиридзе С.С., работу начал с известного студентам по теории – провел «Первичный» инструктаж по Технике безопасности. Ознакомил студентов и преподавателей – участников экскурсии с планом горных работ. Показал запланированный маршрут движения. Дал краткую характеристику выработкам, по которым предстоит движение и оборудованию, которое в них находится. Напомнил студентам об опасных и вредных производственных факторах присущих любой шахте. Потребовал внимательности при движении и выполнения его команд, которые могут быть поданы.

После получения рабочей спецодежды группа прослушала инструктаж в ламповой шахты об индивидуальном светильнике, об Инструкции по «Правилам пользования системой слежения за перемещением персонала в шахте и системой оповещения об аварии в ОАО «Шахта «Большевик». Во все шахтные головные светильники встроены радиоблоки улавливающие сигнал оповещения.

Кроме светильников, в ламповой студентам были выданы шахтные изолирующие самоспасатели ШСС-Т. Отметим, что теоретическое изучение данных самоспасателей и практическое пользование ими было произведено в лаборатории кафедры «ОЭ и БЖД» на практических занятиях по безопасности ведения горных

работ. Однако следует признать, что включение в самоспасатель происходило, фактически, с использованием «муляжа» самоспасателя – рабочие патроны были использованы. В кабинете ТБ шахты студентам позволили использовать для тренировки 4 рабочих самоспасателя.

От административно - бытового комбината до вскрывающей выработки, Конвейерного уклона пласта 29, группа перемещалась на вахтовом автобусе. Выходящий из устья конвейерного уклона шахтовый воздух свидетельствовал о нагнетательном способе проветривания. За время движения к лаве 29 – 55 и далее до вентиляционного уклона пласта № 29А студентам – экскурсантам удалось увидеть начало операции по замене ленточного полотна на ленточном конвейере – рабочие снимали часть ленты. Для будущих механиков нелишне было ознакомиться с приспособлениями, которые применялись в данном случае. Все ленточные конвейеры шахты, предназначены и для перевозки груза, и для перевозки людей. Это вызывает необходимость внимательного отношения к конвейерам как обслуживающего персонала, так и людей, пользующихся конвейерами. На вентиляционном штреке № 29 – 55 студентам – экскурсантам представился случай произвести замеры концентрации метана и углекислого газа.

При подходе к лаве, студенты обратили внимание на то, что вдоль штрека установлено 2 ряда гидравлических и деревянных стоек вперемешку. Начальник участка. Романов Н.Т., напомнил студентам теоретический материал из дисциплины «Основы горного дела»: горное давление увеличивается в местах сопряжения горных выработок. В таких местах нередко вывалы породы. Правила безопасности требуют усиления крепления в таких местах. Паспортом крепления предусматривается установка как гидравлических, так и деревянных или металлических стоек.

Для студентов – механиков было полезно ознакомиться с устройством и размещением насосной станции СНЕ 180 производства Людиновского завода. В это время производился ремонт одной из станций (замена высоконапорного насоса).

Отработка запасов лавы 29-55 производится на мощность пласта 3,13-3,70 м. Выемка угля в лаве 29-55 производится ком-

байном К-500Ю. Комбайн оснащен шнековыми исполнительными органами с резцами типа РГ-501. При выемке угля комбайн перемещается по ставу забойного конвейера, расположенного на почве пласта, параллельно груди забоя. Перемещение комбайна осуществляется перекачиванием зубчатых колес блоков двигателей механизма подачи по цевочной рейке, закрепленной на борту забойного конвейера. На забойном конвейере комбайн устанавливается с помощью завальных и забойных лыж. Завальные лыжи оснащены захватами, которыми охватывается направляющая конвейера. Отгрузка горной массы осуществляется на забойный конвейер «КСЮ-381» и далее с помощью передвижного перегружателя «ПС-281» на ленточный конвейер «2ЛТ-100У». Крепление призабойного пространства, сопряжения лавы с вентиляционным штреком осуществляется с помощью механизированной крепи МКЮ производства Юргинского машзавода, крепление сопряжения лавы с конвейерным штреком осуществляется штрековой крепью КСПЮ

Студенты прошли по лаве от вентиляционного штрека до сопряжения лавы с конвейерным штреком 29 -55. Ознакомились с устройством секций крепи, с устройством конвейера. Увидели систему освещения лавы.

Покинув забой, экскурсанты оказались снова в конвейерном уклоне на пути домой.

Подводя итог, можно утвердительно сказать, что даже, экскурсионное посещение шахты приносит большую пользу и студентам, и преподавателям в освоении и подаче соответствующих знаний. Конечно, экскурсия не может заменить многомесячной практики, которая подразумевает работу студентов на рабочих местах. В свое время в период с 1961 по 1967 год, в СибГИУ (тогда еще СМи) был проведен эксперимент – несколько групп студентов очной формы обучения с первого курса были направлены на полуторагодичную практику. Обучение носило вечернюю форму. Один из авторов данной статьи участвовал в этом эксперименте. Мнение однозначное – нужно было этот эксперимент внедрить, превратить в постоянную практику.

УДК 378.147:811.11

Е.Г. Оршанская

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВЫСШЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

В статье рассмотрены особенности моделирования и возможности его использования в учебном процессе. Дана характеристика педагогическому моделированию. Представлены этапы моделирования.

Peculiarities of modeling and its using in training are considered in the article. The characteristic of pedagogical modeling is given. The stages of modeling are presented.

В современных научных исследованиях для разработки и изучения моделей используется процесс моделирования. В высшем профессиональном образовании, в том числе педагогическом, моделированию отводится особая роль, т.к. с его помощью становится возможным сделать любое явление доступным для изучения, тщательного и всестороннего рассмотрения. Проанализируем определения данного понятия.

Л.Л. Нелюбин считает, что моделирование является методом изучения оригинала с помощью исследования его модели [1, с. 114]. По мнению П. Теллера, моделирование – метод исследования, применяемый при поиске и объяснении существенных характеристик объекта действительности [2, с. 411]. Наиболее полным представляется определение Е.И. Звягинцевой, которая под моделированием понимает метод изучения заместителя интересующего нас объекта, который находится с ним в отношениях соответствия. По ее мнению, моделирование состоит из воспроизведения существенных свойств изучаемого объекта, создания его заместителя и работы с ним. Она выделяет следующие основные этапы: выбор модели и ее построение в зависимости от выбранной цели; изучение модели и работа с ней; перенос знаний, полученных при работе с моделью, и сформированных умений на оригинал. Моделирование является интегративным методом, объединяющим теоретическое и эмпирическое в педагогическом исследовании. Оно обеспечивает

возможность более глубокого проникновения в сущность исследуемого явления, воссоздание реально существующей системы в различных аспектах и с помощью разных средств. Она выделяет специфические особенности моделирования, к которым относит:

- целостность изучения явления, процесса, что обеспечивает анализ не только элементов, но и связей между ними;
- изучение процесса до его осуществления, при котором становится возможным выявление негативных характеристик, последствий, устранение или уменьшение степени их проявления.

Дж.К. Мора определяет моделирование как способ отображения формы существования, структуры функционирования или развития педагогического объекта через раскрытие компонентного состава и внутренних связей, определение параметров, обеспечивающих возможность качественного и количественного анализа динамики изменений исследуемого педагогического явления [3, с. 25]. М. Спектор полагает, что моделирование является способом педагогического исследования, который используется для изучения взаимодействия различных компонентов педагогического объекта или процесса [4, с. 129]. Педагогическое моделирование предполагает разработку и создание формальной модели педагогического процесса или его составляющих, отражающей основные идеи, формы, методы и средства, которые в дальнейшем подлежат экспериментальному изучению в условиях реального педагогического процесса. Н.Ю. Русова отмечает, что одним из главных преимуществ моделирования является целостность представления информации и предлагает выделять дидактическое моделирование, под которым она понимает преобразование информационной структуры содержания образования для последующей ее репрезентации [5, с. 13-17]. Она указывает на то, что моделирование может быть успешно применено для решения важных педагогических задач, таких как оптимизация структуры учебного материала, улучшение планирования учебного процесса, управление познавательной деятельностью и учебно-воспитательным процессом, диагностики и прогнозирования результатов обучения. В зависимости от методики проведения моделирования Н.Ю. Русова выделяет следующие разновидности:

- понятийно-терминологическое моделирование, продуктом которого является создание модели, содержащей обобщенные

представления об основных частях соответствующего информационного пространства;

- классификационное моделирование, в результате применения которого создаются классификационные модели на основе существующих современных научных классификаций;

- сетевое моделирование, представляющее модели всевозможных взаимоотношений в моделируемой системе;

- ситуативное моделирование, с помощью которого строятся модели стереотипных ситуаций, часто повторяющихся в определенной предметной области;

- алгоритмическое моделирование, объектом которого является воссоздание последовательности стандартизованных типичных действий, совершаемых в пределах конкретной предметной области.

Она также признает, что конкретные модели содержания предметных областей, как правило, строятся и формируются на базе нескольких разновидностей моделирования.

А.И. Уемов полагает, что педагогическое моделирование основано на использовании системного анализа, позволяющего раскрыть основные характеристики сложного многопланового объекта [6, с. 4]. Оно должно обладать полифункциональностью, т.е. обеспечивать возможность его использования в различных учебных ситуациях и методиках обучения. М.Ю. Олешков поддерживает рассмотрение моделирования в качестве системной формы исследования, при которой предмет моделирования рассматривается как система [7, с. 41]. Он выделяет принципы системного моделирования:

- принцип объективного соответствия формы модели оригиналу предполагает, что выбор и создание модели не могут быть произвольными, они зависят от того фрагмента действительности, закономерности функционирования которого исследователь пытается обнаружить в модели;

- принцип экстраполяции модельной информации заключается в переносе информации, полученной на модели, на сам оригинал;

- принцип верифицируемости модельной информации обеспечивает новые усложняющиеся способы разработки модели и проверки ее на адекватность в соответствии с изменяющимися условиями функционирования оригинала.

Е.Л. Руднева под педагогическим моделированием понимает совокупность методов, используемых для характеристики исследуемой системы, нахождения оптимальных средств управления ею, проверки выдвинутых гипотез об оригинале, рационализации способов построения вновь создаваемой системы [8, с. 166]. Оно позволяет имитировать педагогическую систему посредством аналогов, воспроизводящих ее существенные свойства, принципы организации и функционирования. Педагогическое моделирование предполагает разработку компонентов педагогического процесса, способов и средств достижений поставленной цели. Одним из положительных результатов этой деятельности является осмысленный переход от случайного выбора составляющих деятельности к заранее планируемому, учет и анализ всей имеющейся информации, всех факторов, от которых зависит эффективность педагогического процесса. Выделяют логику педагогического моделирования, в соответствии с которой действия производятся в определенной последовательности: анализ проектируемой системы, информационного обеспечения, выбор системообразующих компонентов, определение пространственно-временных основ, педагогических, материально-технических и других условий. Выбор системообразующих компонентов осуществляется через выявление наиболее значимых недостатков педагогической практики. Их анализ и обобщение позволяют выявить основные противоречия, наметить пути, определить средства для их разрешения, т.е. создать в конечном счете новую педагогическую модель, которая содержит материал и основания для выработки практических рекомендаций по совершенствованию педагогического процесса. В результате получается комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов организации педагогического процесса, соразмерных и согласованных частей, направленных на создание системы обучения в соответствии с заданными параметрами. Разрабатываемая модель приобретает конструктивную форму, обеспечивается возможность ее практического использования.

Отмечается многосложность и постоянное изменение качественных характеристик педагогического моделирования, таких как последовательность, продолжительность, частотность и значимость. Достоинством моделирования является возможность выявить узловые «узкие места», несоответствия между фактическим состоянием и тем состоянием, которое может быть оценено как

удовлетворительное, желаемое, достигаемое в пределах определенного интервала времени. Е.И. Звягинцева считает, что использование моделирования является эффективным средством для повышения качества подготовки обучаемых. Организация учебного процесса на основе моделирования позволяет научиться не только отдельным действиям, но и дает возможность овладеть умениями разбираться и ориентироваться в изучаемом материале, в его сути, развивает способность успешно работать с новой информацией, учит находить проблемы и решать их: «...моделирование обладает огромной эвристической силой, которая определяется тем, что с его помощью удастся свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, незнакомого к знакомому, т.е. сделать любой, какой угодно сложный объект доступным для тщательного и всестороннего изучения» [6, с. 5].

А. Харцинг, М. Мазневский выделяют четыре этапа процесса моделирования, которые представлены на рисунке 1. [9, с. 120-139]. Первый этап – построение модели – предполагает наличие некоторых знаний об оригинале. На данном этапе

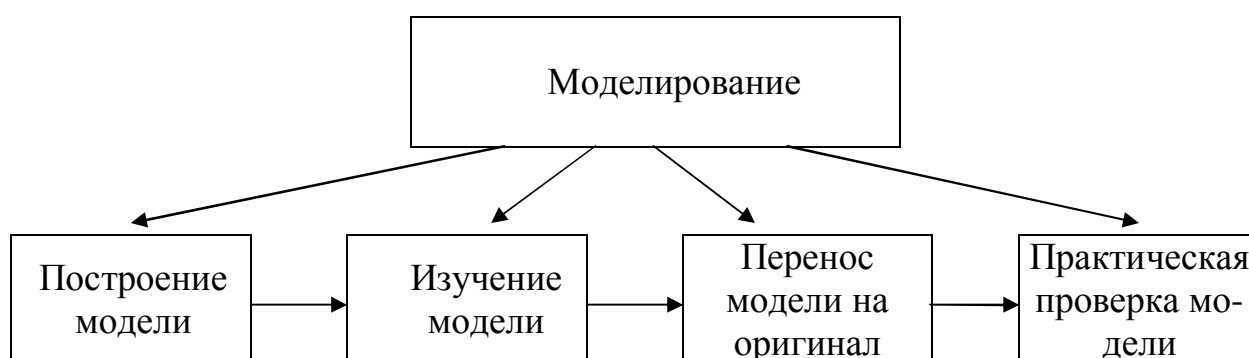


Рисунок 1 – Этапы процесса моделирования

необходимо определить требуемую и достаточную меру сходства между оригиналом и моделью для конкретного анализа. При этом исследователи предупреждают о том, что модель не должна быть полностью тождественна оригиналу, т.к. в этом случае она перестает быть моделью, но она не должна и чрезмерно отличаться от оригинала, т.к. тогда их значимые характеристики будут различными. Поэтому создаваемая модель может замещать оригинал в ограниченном смысле, концентрируя внимание на наиболее существенных сторонах исследуемого явления, рассматривая их с

большой степенью детализации. На втором этапе происходит изучение модели, анализируется содержательная наполняемость ее компонентов, исследуются условия ее функционирования, систематизируются данные о ее «поведении». Конечным результатом этого этапа является обобщение полученных знаний о модели. На третьем этапе осуществляется перенос модели на оригинал, при этом знания о модели должны быть скорректированы с учетом тех свойств явления-оригинала, которые не были отражены или были изменены при построении модели. На четвертом этапе реализуется практическая проверка модели, она используется для преобразования и совершенствования оригинала. В случае обнаружения недостатков возможно неоднократное повторение цикла моделирования. Таким образом, моделирование позволяет расширить и уточнить сведения об исследуемом оригинале. А. Харцинг, М. Мазневский подчеркивают значимость и необходимость создания моделей для каждой системы и проведение моделирования перед реализацией каждого проекта.

Г. Кайзер, Б. Шварц, С. Тидеманн отводят моделированию важную роль при имитации процесса обучения [10]. Их представления о моделировании отражены на рисунках 2 и 3.

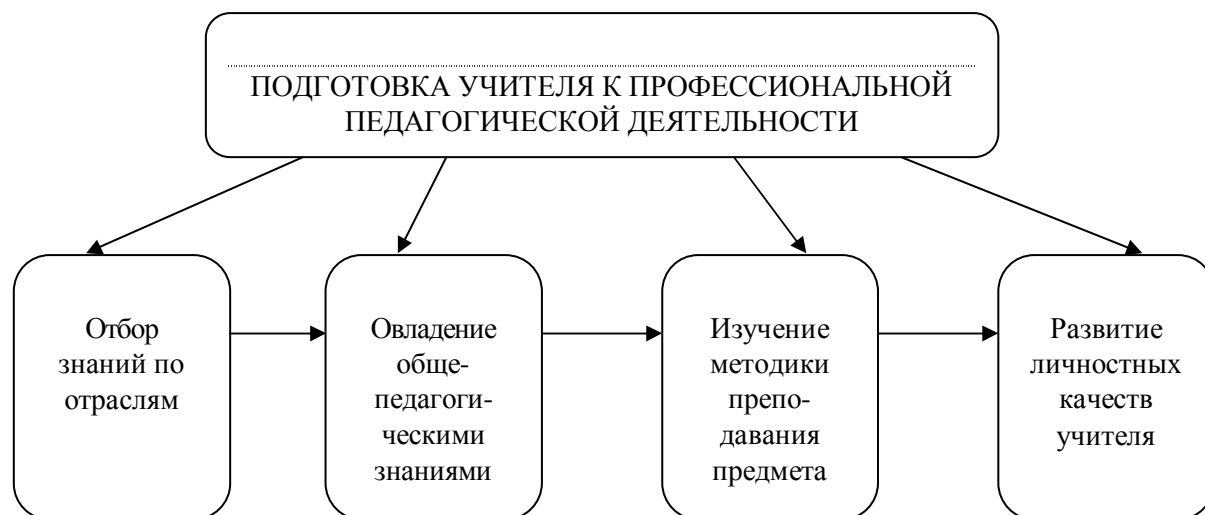


Рисунок 2 – Моделирование процесса подготовки учителя к профессиональной педагогической деятельности

По их мнению, моделирование процесса подготовки учителя состоит из четырех этапов (рисунок 2). Первый этап предусматривает отбор знаний для усвоения в зависимости от выбранной специальности. Например, для учителя иностранного языка – это изу-

чение фонетики, грамматики, лексики и других аспектов в объемах, предусмотренных для начальной школы, среднего и высшего образования. Второй этап ориентирован на овладение общепедагогическими знаниями, под которыми создатели модели понимают общегражданские, нравственные, правовые и эстетические. Третий этап связан с изучением методики преподаваемого предмета. На последнем этапе осуществляется развитие и совершенствование личностных качеств, имеющих особую профессиональную значимость для учителя, таких как коммуникативно-речевые умения, эмоциональная отзывчивость, культура темперамента, гибкость.

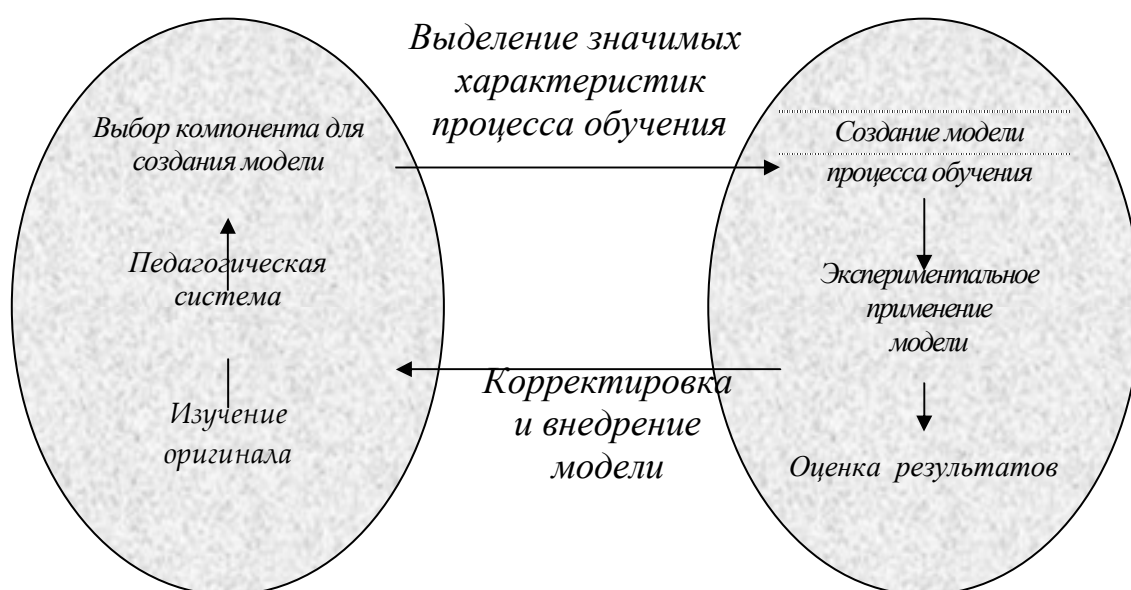


Рисунок 3 – Изображение процесса моделирования

При втором способе моделирования, представленном на рисунке 3, начальным этапом является изучение оригинала, в качестве которого в данной ситуации подразумевается педагогическая система в целом. На втором этапе происходит выбор ситуации, компонента для структурирования и преобразования его в модель. На третьем этапе модель соотносится с процессом обучения и выстраивается в соответствии с имеющимися параметрами. На четвертом этапе осуществляется экспериментальное применение модели в реальном процессе обучения. На пятом этапе обобщаются и анализируются полученные результаты. На шестом этапе совершается корректировка модели и реализация ее окончательного варианта на практике.

Рассмотрим возможности применения моделирования для

осуществления подготовки учителя иностранного языка. Профессиональная педагогическая деятельность учителя иностранного языка представляет собой многофункциональную систему, в которой учитель является источником информации, организует учебное взаимодействие с учащимися, обеспечивает развивающее и воспитательное воздействие с помощью двух языков – родного и иностранного. Следовательно, моделирование его подготовки должно включать данные аспекты. Использование понятийно-терминологического моделирования позволяет создать обобщенное представление о структуре речевого общения и основных характеристиках поведения учителя иностранного языка, познакомить с базовыми определениями, раскрыть их значение и роль в системе подготовки. Применение сетевого моделирования дает возможность разработать модели режимов различных взаимоотношений между учителем и обучаемыми, учителем и обучаемым, между обучаемыми, выделить их особенности, определить степень их значимости и целесообразности для определенных этапов и ситуаций урока иностранного языка. Профессиональная деятельность состоит не только из постоянных стандартных элементов, но и из переменных, зависящих от конкретных задач обучения и формирования умений, т.е. из набора определенных коммуникативно-речевых ситуаций урока. В связи с этим необходимо применение ситуативного моделирования для воссоздания, анализа и проигрывания стереотипных ситуаций, изучения содержательного, эмоционального и невербального оформления речи учителя.

В качестве схемы для моделирования подготовки учителя иностранного языка наиболее приемлемым вариантом представляется применение шести этапов, предлагаемых Г. Кайзером, Б. Шварцем, С. Тидеманном. Ими предусмотрена возможность опытного применения модели и ее изменения в зависимости от полученных результатов, что позволяет в установленные сроки скорректировать и начать применять разработанную модель. В способе моделирования, состоящем из четырех этапов и предлагаемым этими же авторами, не предусмотрена возможность практической апробации разрабатываемой модели. Кроме того, в отечественной практике подготовки учителей сложилась другая система, при которой совершенствование личностных качеств педагога, оказывающих влияние на результативность учебного процесса, тесно

связано с формированием общепедагогических и профессиональных умений и осуществляется на протяжении всего периода подготовки учителя, а не после рассмотрения методического аспекта. Осуществление процесса моделирования, предлагаемое А. Харцингом, М. Мазневским, является затратным по времени и менее эффективным, т.к. предусматривает только повторение всего процесса моделирования для устранения выявленных недостатков и совершенствования созданной модели.

Таким образом, при использовании моделирования необходимо учитывать цель подготовки, степень соответствия разработанной системы оригиналу и предусмотреть методическое обеспечение для включения его в учебный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нелюбин Л.Л. Толковый переводоведческий словарь / Л.Л. Нелюбин. – М. : Флинта : Наука, 2003. – 320 с.
2. Teller P. Twilight of the perfect model / P. Teller // *Bilingual Research Journal*. – 2001. – № 25(4). – Pp. 393 – 415.
3. Mora J.K. Differentiating instruction for English learners: The Four-by-Four Model / J.K. Mora // *Supporting the literacy development of English learners: Increasing success in all classrooms*; eds. T.A. Young & N.L. Hadaway. – Newark, 2006. – Pp. 24 – 40.
4. Spector M. Models and theories / M. Spector // *British journal for the philosophy of science*. – 1965. – № 16. – Pp. 121 – 142.
5. Русова Н.Ю. Дидактический материал : теория и практика моделирования : монография / Н.Ю. Русова. – Нижний Новгород, 2002. – 220 с.
6. Звягинцева Е.И. Моделирование в обучении русскому языку в начальной школе : метод. рекомендации / Е.И. Звягинцева. – Рязань, 2001. – 75 с.
7. Олешков М.Ю. Моделирование коммуникативного процесса : монография / М.Ю. Олешков. – Нижний Тагил, 2006. – 336 с.
8. Руднева Е.Л. Теоретические основы формирования жизненных и профессиональных ценностных ориентаций студентов : монография / Е.Л. Руднева / КРИПКипРО. – Кемерово, 2002. – 302 с.
9. Harzing A. The interaction between language and culture / A. Harzing, M. Maznevski. – 2002. – № 1. – Pp. 120-139.
10. Kaiser G. Future teachers' professional knowledge on modeling [Electronic resource] / G. Kaiser, B. Schwarz, S. Tiedemann. – Режим доступа : <http://site.educ.indiana.edu>

УДК 378.147:796

Г.Н. Черновский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ФИЗКУЛЬТУРНО- ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА

В статье обоснована необходимость валеологического и спортивно-патриотического образования студентов. Дана характеристика дифференцированной программе их подготовки. Предлагаются способы повышения уровня спортивно-оздоровительной и патриотической культуры обучаемых.

The necessity of physical health, sporting and patriotic students' education is substantiated. The characteristic of differentiated programme of their training is given. The ways of increasing their level of sports and fitness and patriotic culture are suggested.

Современные тенденции общественной жизни вызвали необходимость в создании гуманистической концепции, а вместе с ней и в соответствующих изменениях в структуре и содержании образования. В свою очередь это потребовало и предоставило возможность совершенствования на новой основе профессионального педагогического, в том числе и физкультурного, образования.

Валеологическая культура как часть общей культуры включает в себя не только объективные результаты деятельности людей, проявляющиеся в уровне здоровья человека и общества, но и субъективные человеческие силы и способности, реализуемые в деятельности, направленной на организацию индивидуального здорового образа жизни.

Сегодняшние условия жизни требуют все более интегрированных психолого-педагогических и медико-биологических знаний

для успешной организации оздоровительной и просветительской работы как над собой, так и с окружающими нас людьми, формирования культуры здоровья.

Одним из наиболее важных вопросов валеологии является определение приоритетных факторов в формировании здоровья человека. Оттого, насколько грамотно решен этот вопрос, зависит эффективность практического использования валеологических знаний.

Культуру нельзя передать иначе, как через человека. Процесс обладания ею должен осуществляться в атмосфере интеллектуальных, нравственных и эстетических переживаний, столкновения мнений, взглядов, поиска истины, проектирования различных возможных решений. При этом основным условием выступает вовлеченность студента в критический анализ лично значимого содержания знаний. Осуществление межпредметных связей позволяет студентам увидеть одно и то же явление с разных точек зрения, получить целостное представление о нем.

Для сохранения и укрепления здоровья, предупреждения болезней и преждевременной старости необходимо сознательное, высококультурное поведение, основанное на понимании сложных закономерностей, формирующих состояние здоровья и характер заболеваний, именно это и формирует валеологическое образование у студентов вуза.

Но и общее (непрофессиональное) физкультурное образование студентов является важным компонентом образования и отражает главные функции физической культуры общества.

Цель дифференцированного физкультурного образования – формирование физической культуры личности студентов.

Содержание программы дифференцированного физкультурного образования студентов состоит из двух взаимосвязанных компонентов: базового и вариативного. Причем по мере обучения доля базового компонента образования уменьшается, а вариативного возрастает.

Учебный материал базового компонента (блока) соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта к обязательному минимуму и уровню подготовки специалиста

Учебный материал вариативного компонента (блока) учитывает физкультурно-спортивные интересы и способности студентов,

обеспечивая взаимообусловленность мотивационных и инструментальных составляющих физкультурно-спортивной деятельности, стимулирование раскрытия способностей, творческих возможностей каждой личности.

В структурировании учебного материала прослеживается нетрадиционная логика, а именно: от частного к общему, а затем к особенному. Она предполагает выделение приоритетов личности в сфере физической культуры, т.е. осознание молодыми людьми своего физического «Я» (диагностика и сопоставление со стандартами, нормами, моделями); выбор и реализация индивидуальных направлений самосовершенствования (на основе полученных знаний, умений и навыков с учетом ценностных ориентаций и психофизических способностей). Выделение приоритета физкультурно-спортивных интересов и способностей студентов позволяет в процессе физкультурного образования сориентировать их на осознанное, значимое и действенное освоение общечеловеческих ценностей физической культуры.

Кроме того, согласно учету закономерностей познавательно-практической деятельности программой предусматривается большая по объему методико-практическая подготовка студентов, являющаяся деятельностной основой физической культуры личности и позволяющая самостоятельно (согласно интересам) использовать ее средства, методы и формы в целях самообразования, самосовершенствования.

Только комплексное образование дает возможность в полной мере формировать основу для полноценного здорового образа жизни.

В последние годы в российском обществе нарастает тревога за судьбу детей, подростков и молодежи, что выражается в следующих основных характеристиках:

- быстрое снижение образовательного и культурного потенциала молодого поколения;
- дальнейшей нравственной деградации поколения в целом, выраженной, в частности, как в криминализации сознания и поведения, так и в снижении нравственного порога допустимого;
- резкий взлет наркомании, алкоголизма практически во всех слоях общества, переход данного явления в неуправляемый режим и как следствие – разрушение генофонда;

– реальный разрыв преемственности поколений не только по идеологическим, но и по нравственным характеристикам [1].

В итоге – маргинализация основной массы молодежи и что самое существенное в данной ситуации – утрата молодежью способности соответствовать стратегическим векторным тенденциям развития общества, потеря роли лидирующей группы общества, а следовательно, и функции стратегического резерва.

В сложившейся ситуации важнейшим направлением государственной политики в социальной сфере, в том числе в области физической культуры и спорта, является восстановление системы воспитания как полноценно действующего государственно-общественного института.

Системный анализ проблематики воспитания в сегодняшней России показывает, что основой, системообразующим стержнем является гражданско-патриотическое воспитание [1, 3-5]. Ни одно нормальное государство не может существовать без граждан и патриотов, которые должны составлять большинство населения. Многочисленные исследования показывают, что патриотически и граждански определившиеся молодые люди имеют в большей степени позитивную структуру ценностных ориентаций, более четкие жизненные планы и отличаются большей социальной активностью.

В силу своей специфики спорт и физическая культура обладают огромным воспитательным потенциалом, являются одними из мощнейших механизмов формирования таких мировоззренческих оснований личности, как гражданственность и патриотизм, и рассматриваются как спортивно-патриотическое воспитание [5].

Спортивно-патриотическое воспитание – многоплановая, систематическая, целенаправленная и скоординированная деятельность государственных органов, общественных объединений и организаций по формированию физически и духовно развитой личности, морально стойкой, способной реализовать творческий потенциал, обладающей высоким уровнем гражданственности, патриотизма, готовой к выполнению конституционного долга.

Цель спортивно-патриотического воспитания – развитие у детей и молодежи гражданственности и патриотизма как важнейших духовных, социально значимых ценностей личности, развитие высокой работоспособности, формирование у нее профессионально

значимых качеств, умений и готовности к их активному проявлению в различных сферах жизни общества.

Надежное функционирование системы спортивно-патриотического воспитания невозможно без законодательного обеспечения. Речь идет о необходимости разработки закона о воспитательной деятельности. Он нужен не только из-за крайней несогласованности в действиях различных социальных институтов, занимающихся воспитанием подрастающего поколения. Особенность любого закона заключается в том, что он позволяет быть инструментом регулирования отношений, складывающихся вокруг детей и молодежи. Закон и только закон разрешает воспитательную деятельность, ее ведение, и на его основе прекращение воспитательной деятельности той или иной организации, которая нарушает закон. Наиболее ярким примером могут послужить боевые искусства и восточные единоборства, уровень профессиональной педагогической подготовленности в которых оставляет желать лучшего.

Таким образом, развитие спортивно-патриотического воспитания как одного из важнейших направлений государственной политики в системе физической культуры и спорта позволит выработать стратегию развития сферы физической культуры и спорта в целом, определить характер научно-исследовательских работ, программно-методического обеспечения по вопросам воспитания, выстраивать информационную политику в направлении формирования гражданского сознания, определять кадровую политику в области воспитания, развивать нормативно-правовую и ресурсную базы сферы физической культуры и спорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лотоненко А.В. Педагогическая система формирования у студенческой молодежи потребностей в физической культуре : автореф. докт. дис. / А.В. Лотоненко. – Краснодар, 1998. – 40 с.
2. Лубышева Л.И. Теоретико-методологические и организационные основы формирования физической культуры личности студентов : автореф. докт. дис. / Л.И. Лубышева. – М., 1994. – 58 с.

3. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии : учеб. пособие / Г.К. Селевко. – М. : Народное образование, 1998. – 256 с.

4. Сулейманов И.И. Система основных понятий теории физической культуры : учеб. пособие / И.И. Сулейманов. – Тюмень : Вектор Бук, 1999. – 160 с.

5. Валеологическое образование : состояние и пути совершенствования / Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. / СибГАФК. – Омск, 1997. – 172 с.

6. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. – М. : Издательская корпорация «Логос», 1995. – 382 с.

7. Латышевская Н.И. Вопросы преподавания валеологии в медицинской академии / Н.И. Латышевская, Г.П. Герусова, М.В. Мирочник // Валеология : проблемы и перспективы развития : тез. междунар. науч.-практ. конф. / Отв. ред. Н.И. Шлык. – Ижевск : Изд-во Удм. ун-та, 1998. – С. 100-101.

8. Козлов А.А. Отношение общественного сознания к проблеме воспитания / А.А. Козлов. – СПбГУ, 2000.

9. Лихачев Б.Т. Педагогика / Б.Т. Лихачев. – М., 1992. – С. 249-250.

10. Национальная доктрина образования в Российской Федерации : материалы Всероссийского совещания работников образования. – М. : Высшая школа, 2000. – С. 34-49.

БИОГРАФИИ

УДК 669.762.2.662

А.В. Бородулин, А.В. Лычев¹, А.Л. Чайка, Е.Ф. Шкурко²
ИЧМ НАН Украины, г. Днепропетровск,

¹ ЛенГИПРОМЕЗ, г. Санкт-Петербург,

² НИТУ «МИСиС», г. Москва

ИНЖЕНЕР В.И. ГУЛЫГА И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В современной науке и технике одна из важных проблем познания и развития – это уметь находить уже созданное предшественниками, не растерять его и творчески развивать. Порой бывает легче провести разработки нового, чем найти эти решения в опубликованной ранее литературе. Не забывать старое оказывается не менее трудно и не менее важно, чем создавать новое.

Великий мыслитель и естествоиспытатель В.И. Вернадский [1] утверждает, что «история науки и её прошлое должна критически составляться каждым научным поколением и не только потому, что меняются запасы наших знаний о прошлом, открываются новые документы или находятся новые приёмы восстановления былого.... Каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений своего времени. Двигаясь вперёд, наука не только создаёт новое, но и неизбежно переоценивает старое, пережитое.»

В этом направлении можно привести много примеров. Рассмотрим один из них на примере жизни и творчества инженера Владимира Ивановича Гулыги. Инженер ультра-класса, работы которого представляют несомненный интерес и для современных специалистов оставил после себя большой пласт работ по теории и практике производства чугуна [2, 3, 11, 12, 14-48].

В ранний период и послереволюционный период работы за рубежом шло активное и творческое познание доменного процесса и конструкций доменной печи: это баланс доменной печи в ЖРМО, 1910 г.; задувка печи в ЖРМО, 1912 г.; работа под началом у М.В. Курако в Юзовка, управляющим в Косой Горе, гражданская война,

статьи по конструкциям и практическая работа заведующим доменного производства завода Тиссовец в Словакии [2, 3, 11, 12, 14-24].

В.И. Гулыгу, по возвращении на Родину из эмиграции по приглашению Ф.Э. Дзержинского, захватили работы по восстановлению и рациональным путям развития чёрной металлургии России (техническая полемика с В.Е. Грум-Гржимаймо, Н.Н. Гоготским, главный инженер металлургических заводов в Юзовке (Донецк) и Макеевке; сложная практика восстановления Керченского металлургического завода, где испытан ряд новшеств, которых в то время не было на отечественных заводах [14-20].

А начиналась эта кипучая жизнь и не только в металлургии ровно 100 лет назад, когда выпускник кафедры М.А. Павлова [3] опубликовал свою дипломную работу «Тепловой баланс доменной печи №2 Макеевского завода». ЖРМО. 1910. Ч. I. №3, с. 113-126. Балансы печи №2, опубликованные В.И. Гулыгой, комментировали В.П. Ижевский, М.А. Павлов, Н.А. Костылев, В.Н. Липин, С.В. Жендзян, А.Д. Готлиб, Н.И. Красавцев и другие [4 -8] Вот некоторые из них.

- Проф. В.П. Ижевский в работе [4], сопоставляя балансы В.Г. Гильгаузена (W.G. Gillhausen) и В.И. Гулыги < ... > и, перейдя к балансу последнего, проведённому на Макеевском заводе, утверждает, что рядом с богато обставленными опытами В.Г. Гильгаузена, поставленными весьма широко, при пользовании многочисленными приборами, работа инженера В.И. Гулыги поражает скромностью средств, с которыми она была произведена. Зато в ней проявлено хорошее знакомство с делом и большая вдумчивость, а баланс Макеевской печи кажется нам образцовым по своей обработанности. Впрочем, отдельные неточности встречаются и в этом балансе.

- Проф. Н.А. Костылев в Очерках [6] утверждает, что «Баланс доменной печи В.И. Гулыги в ЖРМО. 1910. ч. 1, с. 113 интересен тем, что он является наилучшим, из составленных до сих пор в русской технической литературе».

- Акад. М.А. Павлов, редактируя в 1945 году 2-е издание Очерков ... Н.А. Костылева, это замечание оставил, что говорит об известном гражданском мужестве и автора, и порядочности редактора. Хотя в списке трудов академика нет предисловия к книге

В.И. Гулыги (1937 г.), материалов дискуссий по домнам большого объёма, как нет и ссылок на работы В.И. Гулыги в классической трилогии «Металлургия чугуна». Репрессии давали себя знать.

Творчество В.И. Гулыги, как правило, отражено в постановочных, концептуальных статьях, начавших многие дискуссии по злободневным и в настоящее время вопросам развития техники и технологии производства чугуна, зачастую выходит за рамки металлургии. Предстоит ещё большая работа, предварительные итоги которой показывают, что целесообразно привлечь к этому вопросу большее внимание технической и не только технической общественности.

В.И. Гулыга неоднократно демонстрирует в своей инженерной деятельности умение поднять и решить сложные явления доменной плавки, организации металлургического производства. В них только конкретика в видении будущего, что, по-видимому, и является стержнем в любой науке. В.И. Гулыга никогда не бегал в науке «вслед за паровозом», всегда имел свою чёткую техническую позицию [9].

Спектр работ инженера В.И. Гулыги весьма широкий, разнообразный, не выходил за рамки конкретных научно-технических задач, которые стояли перед металлургами и которые, как показала история, актуальны и в настоящее время.

Полная поддержка курса на индустриализацию страны и обоснование строительства больших печей на базе новых теоретических представлений: увеличивая объём печей надо увеличивать и диаметр колошника и загрузку шихты осуществлять таким образом, чтобы в центр печи не загружалась рудная часть шихты. В это время специалисты и в СССР и за рубежом придерживались иных взглядов, а порой и на практике активно боролись с развитием центрального хода в домнах. До признания необходимости развития центрального газораспределения по кривой резонанса Б.М. Раковского или по схеме inverted V, как отметил позднее Б.И. Китаев, было ещё очень и очень далеко. И принцип Гулыги неоднократно открывали заново позднее.

Динамика развития максимальных объёмов доменных печей в мире приведена на рисунке 1:

Этапы развития объёмов доменных печей: платформа Революции (4), тропа Гулыги (5), приют Павлова (6), коммунистиче-

ский подъём (7), плоскогорье «застоя» (8), восточные вершины мира Япония, Китай (9). Шахтные печи «шулу» объёмом 70 м³ в Китае до РХ (1), домна П. Демидова 1740 г. (2) и Г. Кохрена объёмом 1071 м³ (3).

В.И. Гулыга последовательно выступал [21-32] за строительство крупных доменных печей (рис. 1) на основе своих чётких теоретических представлений по загрузке печей, работе фурменных зон на больших фурмах, согласованию работе верха печи и низа, Научный базис этого предложения в авторском изложении звучит лаконично и конструктивно: «Тут важен сам принцип, независимо от физических свойств руды, центр колошника больших печей не должен засыпаться рудой. Детализируя вопрос о выборе размера подачи, я указывал, что это – дело руководителя печи, ибо здесь должны быть учтены все качества того сырья, которое идёт в печь».

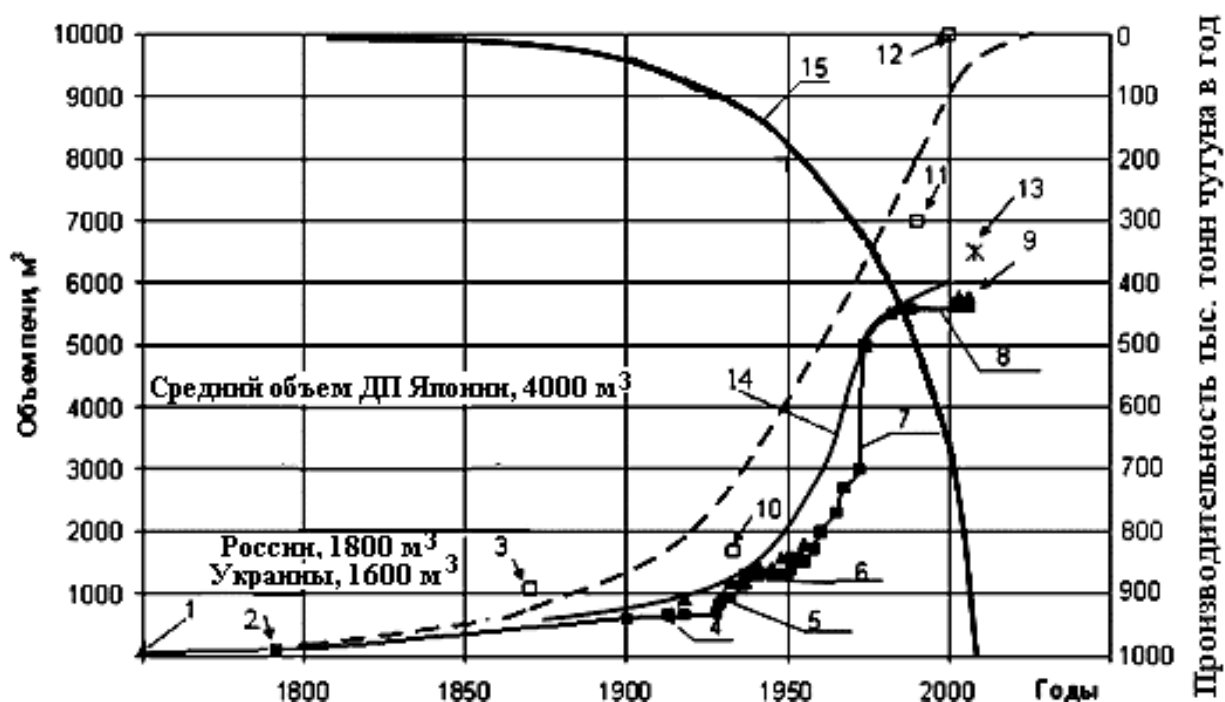


Рисунок 1 – Динамика увеличения максимального объёма доменных печей в мире (▲), СССР, Украине, России (—■—) и в виртуальном пространстве (- - -): проект В.И. Гулыги (10), дерзкий рывок В.И. Логинова и С.М. Кутнер (11), звезда прогноза Е.Ф. Вегмана (12). Экспертная оценка авторами объёма крупнейшей печи, строящейся в Китае (13). Аппроксимация динамики роста максимального объёма доменных печей по Е.Ф. Вегману (14), Мировое производство чугуна, тыс. т чугуна в год (15)

Простейшее математическое выражение принципа В.И. Гулыги, полученное по данным работы [11], имеет вид:

$$0,4 \leq \frac{V_{\text{КОКС.ПОДАЧИ}}}{F_{\text{КОЛОШНИКА}}} \leq 0,5 \text{ м},$$

где $F_{\text{КОЛ.}}$ - площадь колошника, м^2 , $V_{\text{КОКС.ПОДАЧИ}}$ - объём коксовой подачи, м^3 .

Практика ОАО «Северсталь» [54], сформированная вместе с учеными ИЧМ и Ленинградского политехнического института достаточно близко совпадает с рекомендациями по принципу В.И. Гулыги. Возражают против использования этого принципа загрузки доменных печей объемом до 2000 м^3 Н.П. Сысоев и В.Г. Дружков, иные специалисты, методом проб и ошибок установился он на печах №6 НЛМК и №9 комбината «Криворожсталь», не внесен до сих пор он в технологические инструкции многих отечественных заводов. Здесь огромное поле деятельности для современных доменщиков. Время не ждет!

Выделим уральский цикл работ В.И. Гулыги после его переезда из Макеевки в Нижнюю Салду, в объединение «Востокосталь» и трест «Титаномагнетит». Здесь по новому открылись качества В.И. Гулыги как инженера-доменщика, государственного деятеля, которому важны проблемы развития металлургии в старейшем индустриальном центре страны. Это цикл его работ по организации производства ванадия на Урале из титано-магнетитовых руд в г. Чусовом, что реализовалось, в дальнейшем, управлению доменной плавкой и предложение развития качественной металлургии на Урале на базе малых доменных печей.

В работе [48] В.И. Гулыга выступает с предложениями по типовой доменной печи для развития качественной металлургии на Урале. По автору «... дутье подаётся через 8 фурм, диаметром 150 мм, что при диаметре горна 3600 мм даёт на 1 м^2 сечения горна 140 см^2 сечения всех фурм. Высов фурм должен быть не более 150 мм. Стандартное фурменное колено вполне обеспечит типовую печь от тех потерь воздуха, которые имеются при старых устройствах (например, Алапаевский, Саткинский и другие заводы). Для типовой печи требуется подавать в 1 мин. до 600 м^3 воздуха с давлением от $1/2$ до $2/3$ ат, поэтому необходимо разработать проект стандартной турбовоздуходувки, обеспечивающей и максимальное количество

воздуха – 700 м³/мин и могущей давать давление до 50 см рт. ст. < - >.

Предложения, здесь нами приведенные, конечно, следует рассматривать, как намётку в разрешении большой и важной проблемы для уральской древесноугольной металлургии. Надо расстаться со старыми, подчас совершенно негодными устройствами, и смело вводить культуру на участке, играющем крупную роль в деле обороны государства.

Мы полагаем, что организационно вопрос о проектировании типовой древесноугольной доменной печи Урала следует решить таким образом: создать при Уральском индустриальном институте постоянную комиссию по стандартизации древесноугольной печи и после разработки основных положений поручить доменной кафедре УИИ составить технический проект.

Нам кажется, что на Урале найдётся достаточно конструкторов, которые в короткий срок разработают этот проект и тем помогут уральской металлургии стать на рельсы современной техники». В.И. Гулыга.

Уделяя внимание развитию доменных печей большого объёма, В.И. Гулыга не забывал и малые уральские печи. На них он осваивал получение ванадиевого чугуна с последующим переделом и получением феррованадия. Изучение опыта плавки чугунов в малых доменных печах позволило В.И. Гулыге выступить с предложениями по типовой малой доменной печи. Это предложение вызвало оживлённое и поучительное обсуждение этой проблемы В.К. Грузиновым, В.А. Сорокиным, Б.А. Бриллиантовым и др. [49-52]. Так, например, в книге А.В. Ченцова, Ю.А. Чеснокова, С.В. Шаврина (2003 г.) рассматривается опыт Серовского металлургического завода при работе на малых доменных печах (с. 91–97), в том числе сравнение числа работающих фурм и приведено сопоставление профилей малых доменных печей Урала. Размеры современной доменной печи №4 Серовского завода близки к параметрам древесноугольной печи, предлагаемой в своё время В.И. Гулыгой.

В 1972 году нами замерены внешние потери теплоты рабочего пространства малых печей в Кушве, Чусовом и Нижнем Тагиле (таблице 1), т.е. на тех заводах, где ранее В.И. Гулыга занимался практическим разрешением проблемы выплавки ванадиевого чугуна.

Таблица 1 – Потери теплоты рабочего пространства печей объёмом 180–700 м³

Потери теплоты, МВт	Объем печей, м ³		
	180 – 260	350 – 450	600 – 700
– минимальные (min)	1,7	3,8* ¹⁾	4,8* ¹⁾
– средние (mid)	2,3	4,1	6,0
– максимальные (max)	3,5	4,3* ¹⁾	8,3* ²⁾
Число измерений	7	3	6

*1) – выплавка ферромарганца в Сатке, 2003 г. и Константиновке, 1972 г.

*2) – по С.М. Андоньеву

Замеры показали, что внешние потери теплоты на малых доменах и удельный расход кокса по этой статье незначительно выше, чем на печах большого объёма из-за малых внешних потерь теплоты в шахтах этих печей

Важную роль малых доменных печей в современной металлургии подчеркивает и Ю.С. Юсфин, за рубежом это направление получили определенное развитие в Бразилии, Индии, Сирии, Китае, Японии (для выплавки ферромарганца) и других странах.

Проектирование, строительство, эксплуатацию новых печей и цехов, вплоть до 1937 г. не проходило без активнейшего участия В.И. Гулыги. Анализ развития технической мысли в металлургии на примерах деятельности В.И. Гулыги и И.Д. Семикина [54–56, 59] подтверждает, что в задачах, связанных с научно-техническим прогрессом, не редко именно «крайние» решения являются наиболее верным и вполне может быть, что «крайнее» мнение какого-либо талантливого специалиста с «нестандартным» мышлением более верно, чем «среднее» мнение многочисленной группы специалистов. А неверно поставленная цель, доктрина направляет усилия людей в тупик, что чревато негативными последствиями и в науке, и в жизни.

Объективных методов выделения такого «крайнего» мнения пока не существует. Тем не менее, в борьбе мнений и дискуссиях, проводимых разными, порой совсем не джентльменскими методами, в конце концов, и создаётся совместными усилиями общества научно-технический прогресс. Обществу не безынтересно и важна скорость этого прогресса и цена, за которую оно заплатило, а в творческих вопросах и их решении важнейшую роль играет гражданская позиция всех участников этого процесса.

В работах этого выдающегося инженера видна смелость мысли, высочайшая квалификация, огромная инженерная интуиция и жизненный опыт, жёсткость логики, чёткость. Его статьи, где формулировки так же конкретны, как и формулы, больше напоминают боевой приказ офицера, чем трактат учёного.

Когда весь научный и инженерный корпус мира боролся с центральным газораспределением в доменных печах, В.И. Гулыга, отмечая конструктивные недостатки доменной печи как технологического агрегата, в котором в противотоке совершается технологический процесс выплавки чугуна, утверждал следующее: в центр печи не надо грузить руду! Этим самым он открыл основополагающий принцип, который практически снял все ограничения в строительстве доменных печей большого объёма и позднее позволил Е.Ф. Вегману рекомендовать строительство доменных печей объёмом 10000 м³.

Огромную роль в решении ванадиевой проблемы сыграли и опыт, и талант этого выдающегося металлурга. В таблице 3 изложены основные результаты опытных плавов на солёном коксе, магнезиальных шлаках, на агломерате и др.

Многие разработчики технологии доменной плавки титаномагнетитов использовали рекомендации А. Росси, работая на шлаках с повышенным содержанием магнезии – 9–10% и до 14%: Преимущества технологического режима доменной плавки В.И. Гулыги хорошо просматриваются по удельному расходу кокса. Расход топлива при плавке на агломерате, проводимой инж. В.И. Гулыгой, был 1,05 т/т чугуна, при установившемся ходе печи – 0,93, а в отдельные сутки равен 0,83 т/т чугуна. При плавке сырой руды по методу М.А. Павлова расход кокса составлял 1,65 т/т, а по методу акад. Брицке достигал – 1,7 т/т чугуна. Плавка, проведённая В.И. Гулыгой на агломерате из титаномагнетитовой руды, показала лучшие результаты.

О роли шлака в доменной печи В.И. Гулыга написал одну из прекрасных полемических статей между «хозяйственниками» и учеными, одним из которых был будущий акад. АН КазССР В.В. Михайлов. Блестящие результаты плавов В.И. Гулыги, опубликованные в журнале «Уральская металлургия», являются классическими, не потеряли своего значения и в настоящее время и должны

продолжать служить современной молодёжи учебным пособием при освоении доменного дела (таблица 2).

Таблица 2 – Составы чугуна и шлаков в опытных плавках титаномагнетитов

Показатели	акад. Э.В. Брицке			акад. М.А. Павлов		проф. Шадлун и Ортин	инж. В.И. Гулыга	
	I	II	III	Древ уголь	кокс	Агломератные плавки		
Чугун, %	В-турин.	НТМК	НТМК	Кусья	НТМК	НТМК	Кушва	ЧусМЗ
Si	0.68-2.15	0.2-0.8	0.1-0.3	0.41-2.93	0.5	1.9-2.0	1,08– 1,1	0,38-1,1
Mn	0.11-0.84	1.1-1.8	1.3-1.9	0.42-1.55	1.25	1.5-2.5	0,8 -1,0	0,53-0,85
S	0.3-0.5	0.03-0.13	0.05-0.2	-	0.018	0.01-0.02	0,025	0,025-0,08
P	0.07-0.13	0.05-0.15	0.07-0.13	0.03-0.09	0.068	0.07-0.13	0,06	0,05 -0,1
Cr	0.33-0.70	0.2-0.7	0.3-0.5	0.17-0.65	0.6	0.48-0.69		0,43-0,65
V	0.2-0.5	0.5-0.2	0.3-0.5	0.14-0.73	0.56	0.58-0.85	0,65 ²	0,55-0,8 ³
Ti	0.2-0.5	0.1-0.2	0.08-0.27	0.34-0.47	0.4	0.47-0.54	-	-
Шлак, %								
SiO ₂	15.9-25.2	20-31	18-21	16.3-35.0	18.8	29.0-32.0	36	26,2-40,4
CaO	11.9-27.3	15-22	11-25	15.9-25.5	21	26.3-36.0	37	23,7-37,6
MgO	6.4-8.3	6-10	9-11	11.4-14.2	13	8.0-9.0	3,0	2,08- 3,08
FeO	2.6-5.2	2.5-4.7	2.5-5.4	1.4-0.5	4.7	1.0-3.0	1,0	0,5 - 1,6
Al ₂ O ₃	14.3-19.3	13-17	13-18	-	-	10.5-16.5	12,0	12 – 24,1
TiO ₂	18.8-37.2	17-30	27-34	13.1-40-8	29.2	5.5-12.4	до 8	8,02-10,85
MnO	0.45-1.1	3.5-5	3.2-5.3	0.18-1.70	2.4	0.9-2.0	2,8	0,7 - 2,5
S	1.0-2.17	0.4-0.6	0.2-0.5	-	-	-	-	-
Cr ₂ O ₃	0.12-0.21	Не опр.	0.2-0.5	-	0.5	-	-	-
V ₂ O ₅	0.46-0.70	Не опр.	0.4-1.7	-	0.35	-	-	-
Na ₂ O	Около 2	1.6-2.8	1.6-2.8	-	1.9	0,6 – 0,7	-	-
Год	1931, март	1932, июнь	1932, июль	1932 - 1933	1933, март	1932, май	1935,	1935, ноябрь
Расход кокса, т/т чугуна	1,7			1,6		1,3	1,0	

В работе [8, с. 85] А.Д. Готлиб отмечает, «что касается роли магнезии, то ее разжижающее действие на практике изучено Н.В. Руллой и R. Mc-Saffery, главным образом, при 1400-1600 °С, что относится к конечным шлакам. Исследования же влияния на свойства самых разнообразных шлаков при более низких температурах [М.А. Павлов, Н.В. Рулла, И.П. Семик, А.П. Якобсон, М.Я. Остро-

² Переход ванадия в чугун составлял 80–85%. По В.И. Гулыге - до 95%

³ 0,6–0,7 % по В.И. Гулыге

ухов, Эндель, Гартманн, С.П. Лейба и др.] показали, что этот компонент не оказывает разжижающего действия, а также обнаружили увеличение «пластичности» шлаков и во многих случаях некоторое увеличение их вязкости с повышением содержания магнезии».

Дальнейшее совершенствование технологии доменной плавки ванадиевого чугуна из титаномагнетитовых руд на Чусовском металлургическом заводе и НТМК свелось, в основном, к получению чугуна с низким содержанием кремния – 0,2-0,3%. Это уменьшает восстановление титана в чугун, что приводит к меньшему образованию греналей (оксикарбонитридов титана) в горне печи и облегчает отработку продуктов плавки. При выплавке чугуна с пониженным содержанием кремния температура чугуна и шлака имеют также пониженную температуру. В этих условиях намеренное повышение содержания MgO в шлаке свыше 3-4% и в особенности до 8-14% приводит к получению более коротких шлаков и худшей работе печи.

Тезисы об управлении плавкой: большие фурмы и центральное распределение газового потока, начиная с мини-печей, как у В.И. Логинова и китайцев [61], согласование работы верха и низа работы доменных печей по И.А. Соколову. Девизы «малая подача и большая фурма», «расстройства и неполадки производства в доменном деле так же грандиозны, как и само производство» рассмотрим отдельно. В работах [64, 65] приведены результаты измерения протяженности зон горения и газопроницаемости шихты по сечению горна доменной печи при различных режимах её работы с помощью регистрации изменения нагрузки на двигатель привода исследовательской трубы, вводимой в горн. Для оперативного управления ходом печи рекомендован способ получения информации о газопроницаемости столба шихты в горне с помощью регистрации нагрузки на двигатель привода исследовательского зонда.

Исследование дутьевого и термодинамического режимов работы фурменной зоны доменной печи установили, что определяющее влияние на энергетические потенциал фурменных газов и развитие процессов в фурменном очаге оказывает масса и состав дутья подаваемого в печь. Печь объёмом 5000 м³ может интенсивно работать и принимать большое количество дутья на фурмах диаметром 190 мм, т.е. без увеличения количества фурм и уменьшения их диаметра. Для организации эффективной работы доменных пе-

чей различного объёма на фурмах большого диаметра необходимы организация центрального газораспределения, начиная с момента их задувки, контроль энергетических характеристик работы фурменной и периферийной зоны печи. Эти мероприятия позволят снизить тепловые нагрузки на футеровку, холодильники и кожух печи, обеспечить надёжность и продолжительность кампании агрегата, а также повысить эффективность использования воздуходушных машин.

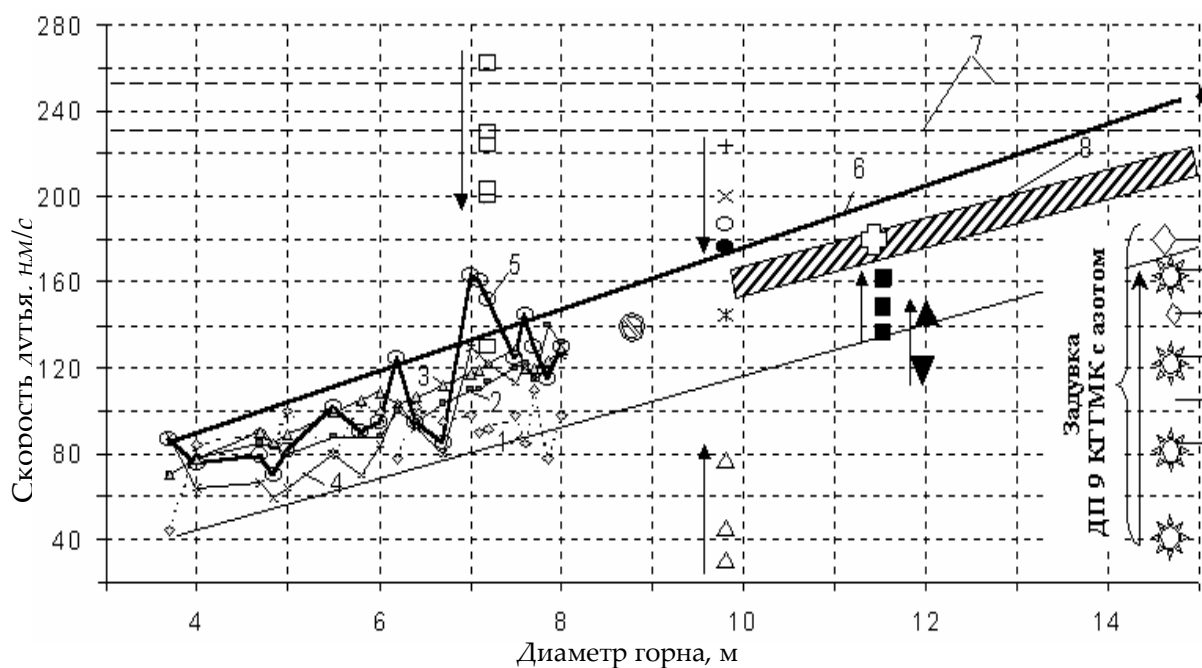


Рисунок 2 – Скорости дутья в зависимости от диаметра горна: по М.Я. Остроухову 1946 г. – (1) и 1956 г. – (2), И.А. Астахову – (3), З.И. Некрасову – (4), М.И. Горячко и И.А. Астахову – (5); Ю.П. Волкову – (6); зарубежным рекомендациям для печей класса 5000 м³ – (7), рекомендациям авторов – (8). Практика ОАО «Северсталь»: задувки ДП 1 2001 г. (□) и ДП 3 1993 г. (●), работа ДП 3 1983 г. (+) и 2001 г. (○), работа ДП 5 2002 г. (◆). Комбинат «Криворожсталь»: задувки ДП 5 2002 г. (Δ) и ДП 6 2001 г. (×), работа ДП 6 1983 г. (*) и ДП 9 1979 – 2002 г. (◇). Работа ДП 1, 3 ЗСМК 1979 г. (⊥) и 2003 г. (■) Задувка 1978 г. (▼) и работа ДП 6 НЛМЗ 1979 г. (▲). Работа ДП 5 КМК 2003 г. (∅)

Диаграмма содержания CO₂, CO, H₂ и O₂ в газе по радиусу печи №1
" 1 " ноября 2001 г.

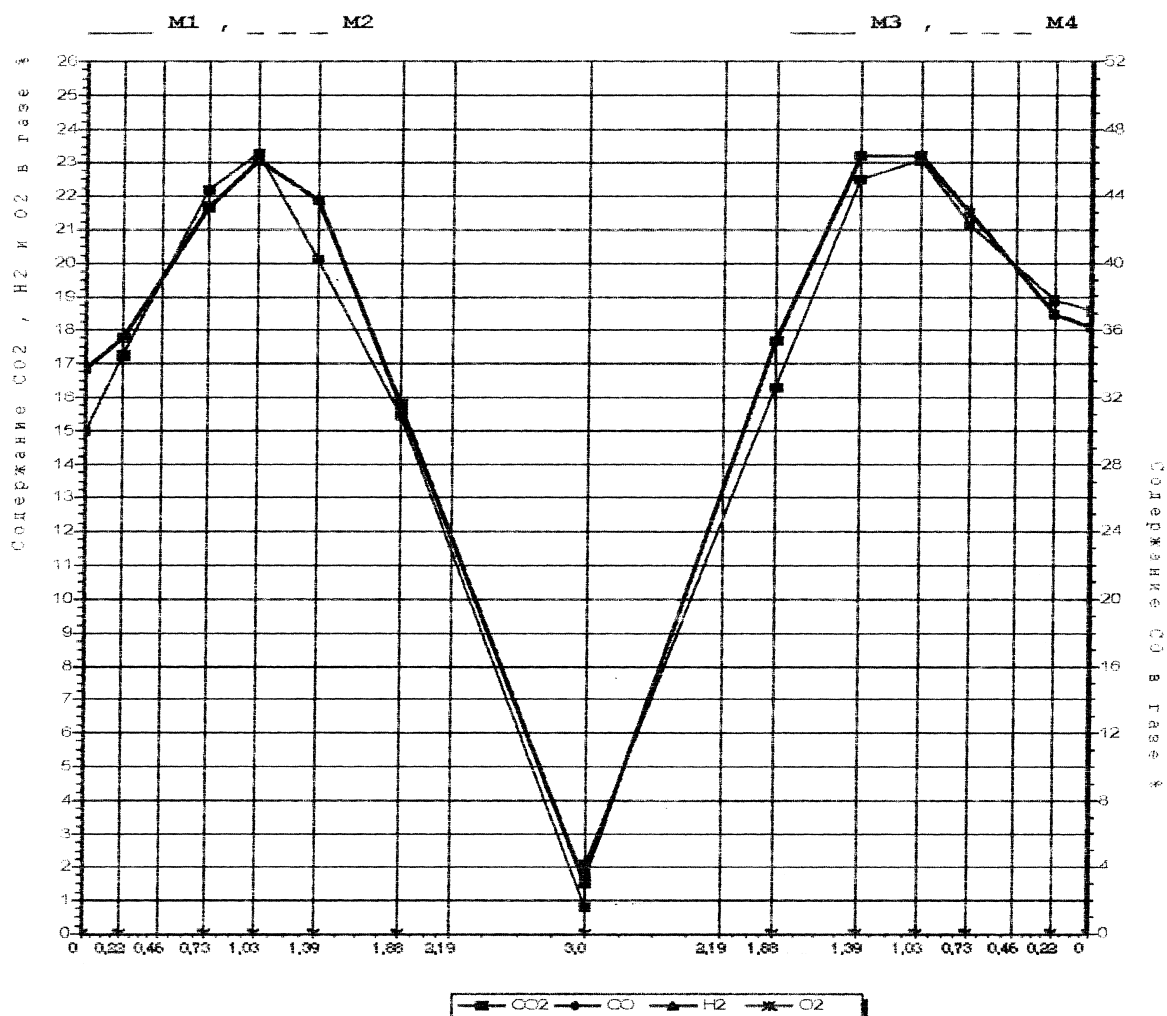


Рисунок 3 – Один из вариантов работы доменной печи №1 ОАО «Северсталь» с раскрытым центром

Ниже в таблице 3 сопоставлены показатели тепловой работы и основные технико-экономические показатели работы доменной печи при различном числе и диаметре воздушных фурм. Данные показывают, что эффект от увеличения числа фурм и уменьшения их диаметра далеко не очевидный, а наоборот.

В противовес М.Я. Остроухову и Н.И. Красавцеву [46], считавшими, что «значительное увеличение диаметров колошника и большого конуса, без сомнения, должно увеличить тенденцию к центральному ходу печи, с его общеизвестными недостатками», оптимистично звучит мысль Е.Ф. Вегмана и его учеников [62, 63] о перспективах развития размеров доменных печей: «Использование технологии работы печей с осевым потоком газов, предложенной в

свое время В.И. Гулыгой, предохраняет центральный столб в печи от малоактивной работы, приводящей к «тотерману». В сочетании с дальнейшим ростом кинетической энергии дутья, подобная технология создаёт возможности для дальнейшего расширения поперечных размеров печей – сверхгигантов. Вероятно, диаметр распара 16500 мм (печь №5 ЧерМК- «Северсталь») не является пределом, а отношение $H_{\text{п}}/D$ может снижаться и дальше».

Таблица 3 – Тепловая работа доменной печи № 9 объёмом 5000 м³ за 1977 и 2007 гг. при различном числе воздушных фурм

Показатели	Размерность	1977, 36 фурм, 190 мм диаметр		2007, 42 фурмы, 150 мм диаметр	
		НСТ	Печь в целом	НСТ	Печь в целом
Тепловая мощность печи	МВт	1211	1211	1193	1193
Расход природного газа	м ³ /ч	48378	48964	29748	29748
Содержание кислорода в дутье	%	27,8	27,8	30,5	30,5
Температура дутья	С	1291	1291	1100	1100
Влажность дутья	г/м ³	20	20	40	40
Расход дутья по балансу	м ³ /мин	7301	7301	6554	6554
Потери дутья	%	12	12	17	17
КИТ углерода кокса		0,382	0,523	0,353	0,501
КИТ углерода природного газа		-0,033	0,208	-0,063	0,196
Средняя величина КИТ		0,300	0,461	0,301	0,463
Внешние потери теплоты домны	МВт	32	45	23	33
Усвоенная тепловая мощность печи	МВт	331	513	336	519
Тепловой дефицит 1 кг чугуна:	кДж/кг	2740	4187	2954	4568
Расходы на 1 тонну чугуна:					
- кокса	кг/т чугуна	466/474*)	465/474	491	492
- природного газа	м ³ /т чугуна	111/111	110/111	73	73
- условного топлива	кг/т чугуна	596/604	594/604	576	577
Производительность печи	т чугуна/час	435/436	441/436	410	409
Показатель rd по М.А. Павлову	%	32,9	33,7	34,8	34,6
Степень использования СО	%	42,0/47,0	42,0/47,0		

*) - расчёт/ отчет

Гражданская позиция инженера В.И. Гулыги

В.И. Гулыга, выходец их кубанских казаков, участник войны с Японией 1905 г., гражданской войны, где воевал на стороне белых, командуя бронепоездом, эмигрировавший за границу и работавший на заводах в Словакии начальником доменного производства, вер-

нулся по приглашению Ф.Э. Дзержинского в 1922 г. к себе на Родину. Получивший хорошую техническую подготовку в Санкт-Петербургском политехническом институте, профессиональный опыт на металлургических предприятиях Юга и Центра, прошедший большую жизненную школу, он понимал, что решение новых технических вопросов возможно лишь при подготовке квалифицированных кадров, чёткой организации производства, при неизбежных ошибках и риске. В.И. Гулыга за пять лет переиздавал четыре раза книгу «Доменное дело», постоянно перерабатывая и дополняя её, для подготовки специалистов.

С первых его публикаций в ЖРМО инженерное творчество В.И. неразрывно связано с активной гражданской позицией. В работе [14] он утверждает следующее: «Задувка доменной печи при современном состоянии знаний в области доменного дела, конечно, не должна представлять из себя чего-либо особенного и быть может, не стоило описанием такого простого факта утруждать внимание читателей, но помещённое в №3 ЖРМО за 1911 год описание задувки доменной печи №1 Макеевского завода убеждают нас в обратном. Статья эта может дать ложное представление о том, как следует задувать доменную печь. Мы, молодые работники, должны всячески бороться с рутинной. Должны расставаться с предрассудками и приёмами недавнего прошлого, когда у нас в России доменная плавка велась полуграмотными мастерами - иностранцами, привезшими к нам из дому «искусство» делать чугун. Вот в кратких словах причина, побудившая нас написать эту статью».

Особо выделим его отношение с учителями, к которым он относится с огромным уважением, и к М.А. Павлову, и к М.К. Курако. Но в его работах, как и в жизни, нет и малейшего намёка на рабское преклонение ни перед Академиком, ни перед другими авторитетами и коллегами.

Далее практически во всех работах, он рассматривает вопросы воспитательного характера, отражающие его гражданскую позицию. Его жизненные взгляды поразительно соответствовали логике, которую, при желании, можно увидеть в лучших чертах коммунистического движения, и которые многие постарались быстро позабыть в наше время. В.И. Гулыга действовал удивительно последовательно, опираясь самым естественным образом, на

здравый рассудок. Взяв у американцев печи, пониже высотой и с разгруженным от мелкой руды «месабии» центром, а у немцев – вынужденную работу на хорошо подготовленной шихте со старыми воздуходувными машинами на фурмах большого диаметра, он резко отстаивает курс на повышение технического уровня промышленного производства и строительство больших печей. Как не вспомнить вождя пролетариата, совсем недавнего его классового врага, В.И. Ленина: «Черпать из-за границы все передовое: американская организация трестов, прусский порядок на железных дорогах и т.д.».

Приведём конкретный пример. В полемике с И.А. Соколовым в [30] В.И. Гулыга утверждает: «Статья эта неправильна в том отношении, что она сбивает с правильного пути – искать причины частичных неудач (совершенно естественных и неизбежных в период освоения громадных агрегатов) не в размерах печи, а в тех неполадках и промахах организационного и строительного характера, как это было на ММК до лета 1933 г.».

Поучителен и другой характерный случай. Отвечая в дискуссии на замечания оппонентов В.И. Гулыга по сути, ещё раз рисует свою гражданскую позицию: «Прежде всего, мы должны отклонить обвинение в гигантомании Дело, конечно, не в гигантомании. Наши требования о дальнейшем укрупнении агрегатов для производства чугуна вытекают отнюдь не из каких-либо пристрастных взглядов – говорить о сооружении возможно более крупных печей нас заставляет учёт перспектив той борьбы за производственный рост, которую ведёт СССР, учёт перспектив развёртывания металлургии во второй пятилетке. Вот почему мы считаем данный вопрос чрезвычайно злободневным. Конечно, разрешить его правильно возможно лишь коллективной мыслью доменщиков».

В.И. Гулыга в своих работах постоянно уделяет огромное внимание человеческому фактору и организации производства: «огромное значение имеет также хорошо поставленный, технически грамотный контроль производства». Далее - «Основной причиной медленного освоения построенных нами больших печей являются неувязки и недоделки при пуске печей, неувязки в развитии сырьевой базы и, наконец, неудовлетворительное в течение первого времени действия печей обслуживание их». И далее - «Через 2-3 года нет сомнения, вопрос об обеспечении мощных доменных пе-

чей квалифицированными силами потеряет остроту». Для повышения квалификации кадров он сначала постоянно писал технические статьи, а потом и книги.

О трудностях роста он упоминал не один раз в своих работах! Так, например, В.И. Гулыга утверждает: «Трудности организационного порядка не могут никоим образом служить поводом для отказа от постройки технически допустимых, предельных по мощности агрегатов. Нужно считать, что в настоящее время никаких препятствий организационного порядка к переходу в СССР от печей в 800-1000 т к печам в 1200 т суточной производительности не имеется. Подчеркиваем при этом, что проектировать, строить и эксплуатировать домну в 1200 т, а также изготавливать для неё оборудование мы сможем сами без помощи иностранцев. В этом не должно быть никаких сомнений».

В статье [30], где одолевали его критикой, в ответе звучит и принцип загрузки доменной печи и мажорная концовка по организации производства: «Практика приносит всё новые подтверждения правильности нашего предложения работать на оптимально малой подаче, особенно это касается больших печей. В этом направлении интересна статья инж. Маркачева и Никулинского [57] о большой исследовательской работе, проведённой на Кузнецком заводе. Как известно, техническое руководство завода высказалось за большие подачи, в результате же опытов хорошая работа этих печей установилась только после перехода на очень малые подачи, - меньше даже, чем на Магнитогорском заводе».

В 1936 г. на доменной печи №4 Кузнецкого завода В.Т. Басовым [60] проведено исследование с целью установления оптимального режима загрузки печи и проверки влияния отдельных факторов (величины колоши, уровня засыпи, системы загрузки) на распределение газового потока по поперечному сечению печи. Исследования показали, что «центральный ход газов совместим не только с хорошими показателями работы печи по производительности и расходу кокс, но и одновременно и с ровным её ходом». В те времена шихта на Кузнецком заводе не отличалась высокими физическими кондициями, диаметр фурм доменных печей составлял 180 мм, вынос пыли достигал 25% от веса загружаемой шихты. Результаты капитального исследования не были развиты далее, а большинство доменщиков продолжало придерживаться устарев-

ших взглядов, идущих от известного французского металлурга XIX века A. de Vathaire. Это направление, как движение по наименьшему сопротивлению, с оговорками то на качество шихты, то объём печи, не тот аппарат и прочее, нашло многих сторонников, особенно в СССР. Наиболее показательный пример – освоение доменной печи № 9 комбината «Криворожсталь». Но это уже другая история.

Выполненное авторами, находящимися «внутри» объекта изучения, системное историко-аналитическое исследование технологии, производственных отношений и иных факторов в металлургии чугуна показывает, что инженер В.И. Гулыга уже в 30–х годах XX века был одним из основных, самым активным и последовательным разработчиком новой технологии, техники и управления современной доменной плавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Из истории идей. Из журнала «Русская мысль». 1912. М.: Типо-литогр. т-ва Н.Н. Кушнеров и К⁰. Пименовская ул., соб. дом. 18 с.
2. Гулыга В.И. Получение феррованадия из уральских титаномагнетитов. Советская металлургия. 1937. №1, с. 32–37.
3. Гулыга В.И., инж.-металлург. Тепловой баланс доменной печи №2 Макеевского завода. ЖРМО. 1910. Ч. I. №3, с. 113-126.
4. Ижевский В.П. Система учёта доменного баланса. ЖРМО. 1912. Часть I. № 2, с. 180-214.
5. Липин В.Н., Металлургия чугуна, железа и стали. Том. 1. Общие свойства железа и влияние на него разных элементов. Выплавка чугуна. Л.: Научное химико-техническое изд-во. 1924. 1111 с.
6. Костылев Н.А. Очерки по теории доменного процесса. Свердловск: Востокостальиздат. 1933. 127 с.
7. Жендзян С.В. Устройство и ведение доменных печей. Практическое руководство доменной плавки. Изд. 2-е. Харьков. Изд-во «Пролетарий» 1927. 780 с.
8. Готлиб А.Д. Нагрев дутья и расход кокса при выплавке чугуна. Металлургиздат. Харьков-М.: 1947, 164 с.
9. Гулыга Д.В.. В память об отце–Владимире Ивановиче Гулыге.// Металлург.-1993. №10, с.33-36. В.И. Гулыга в 1922–25 гг. опубликовал в Словакии ряд статей в «Горном вестнике» по доменному делу, которые пока не найдены.
10. Бородулин А.В. Доменное дело В.И. Гулыги – инженера и гражданина Труды межд. научно-технической конференции «Пылевидное топливо–

альтернатива природному газу при выплавке чугуна Донецк: УНИТЕХ. 2006. с. 387–97.

11. Гулыга В.И. Доменное дело. Для рабочих доменного цеха. М.-Л.: Изд. 2-е, испр. и доп. ОНТИ НКТП СССР. 1935. 196 с. с ил.

12. Гулыга В.И. Краткие замечания о роли шлака в доменном процессе (печатается в порядке обсуждения). Теория и практика металлургии. 1937. №12, с.5-8.

13. Металлург Иван Соколов. Автор–сост. В.А. Мазур; под ред. проф. М.Е. Гловацкого.–Екатеринбург, 2003: Серия «Выдающиеся металлурги Урала» 255 с.

14. Гулыга В.И. Задувка доменной печи №4 Новороссийского общества. ЖРМО. 1912. №1, ч. I, с.24-36 (Донецкий завод).

15. Гулыга В.И. Производительность и профиль современной доменной печи. Вестник металлопромышленности. 1925. №1-2, с.14-30.

16. Гулыга В.И. Проект переоборудования Сталинского государственного металлургического завода. ЖРМО. 1925. №3, ч. II., с.772-778.

17. Гулыга В.И. К вопросу о восстановлении южно металлургической промышленности. Вестник металлопромышленности. 1925. №5 - 6, с. 145-170.

18. Гулыга В.И. Доменное производство на южных металлургических заводах. Вестник металлопромышленности. 1925. №7-8, с. 5-14.

19. Гулыга В.И. Доменная печь и её вспомогательные устройства. Уголь и железо. 1925. №2, с. 118-146; №3, с. 83 - 107; 1926. №8, с. 74-94.

20. Гулыга В.И. Организация металлургического производства в Керчи. Уголь и железо. 1926. №5, с. 76-88; №6, с. 64-76.

21. Гулыга В.И. Доменная печь на 1000 тонн. Уголь и железо. 1929. №40.

22. Гулыга В.И. О размерах и конструкции доменных печей. Гипромез. 1929, №3-4, с. 27-39.

23. Гулыга В.И. Письмо в редакцию. О патенте автора на способ кладки воздухонагревателей и приоритете России. Гипромез. 1931, №12, с.70.

24. Гулыга В.И. Строить домны максимальной производительности. Газета «Техника». 1932. №49 от 26 мая.

25. Гулыга В.И. Завод им. Томского. (Макеевка). Необходимо соорудить доменные печи на 1315 м^3 (к дискуссии о сверхмощной домне). Сталь. 1932. №5, с.12-29

26. Гулыга В.И.. Завод им. Томского. Ответ моим оппонентам. Сталь. 1932. №5 с.23-26.

27. Гулыга В.И. Дополнительные аргументы в пользу сверхмощных доменных печей. Сталь. 1933. №9, с.1-14.

28. Гулыга В.И. О фурмах большого диаметра. Сталь. 1933. №9. с.3–8

29. Гулыга В.И. Фурмы доменных печей. Уральская металлургия. 1933 №9-10, с. 7-12;

30. Гулыга В.И. (Нижне-Салдинский завод). Против предложения проф. И.А. Соколова портить рациональный профиль современных доменных печей. Уральская металлургия. 1933. №11-12. с.15-18.

31. Гулыга В.И. Доменное дело. Посвящается М. Курако. Для рабочих доменного цеха. ОНТИ М. - Л. - Свердловск: Metallurgizdat. Типография им. Евг. Соколовой в Лгр. 1933. 187 с.
32. Гулыга В.И. О новой типовой доменной печи. В порядке обсуждения. Советская металлургия, 1934, №4, с. 170-175.
33. Гулыга В.И. Из какого материала делать фурмы. - Уральская металлургия. 1934. №6, с. 9-
34. Гулыга В.И. Работа колошниковой части доменной печи. Советская металлургия. 1934. №8-9, с. 372-380.
35. Гулыга В.И. План современного доменного цеха Печатается в порядке обсуждения. - Уральская металлургия. 1934. №3, с. 9-15.
36. Гулыга В.И. Новая типовая доменная печь. - Уральская металлургия. 1934. №9-10, с. 3-8,
37. Инж. В.И. Гулыга Письмо в редакцию. Уральская металлургия. 1935. №2, с. 48.
38. Гулыга В.И. Работа колошниковой части доменной печи. Советская металлургия. 1935. №2.
39. Гулыга В.И. В защиту дуплекс-процесса. Газета «Техника» от 3/IV-35 г.
40. Гулыга В.И. Вторая типовая доменная печь объёмом в 1305 м³. - Сталь. 1935. №4, с.14-18.
41. Гулыга В.И. Дуплекс-процесс на заводы Урало-Кузбасса. Уральская металлургия. 1935. №5, с. 22-26.
42. Гулыга В.И. Доменное дело для горнового. М.-Л.: ОНТИ 1936.Изд. 3-е испр. и доп. Утверждено ГУЧЗ НКТП СССР в качестве учебника для курсов техминимума. 232 с ил.
43. Гулыга В.И. Дополнительные разъяснения к статье “Работа колошниковой части доменной печи” (ответ проф. И.А. Соколову). Советская металлургия. 1936, №4, с.31-35.
44. Гулыга В.И. Плавка агломерата из кусинских титано-магнетитов на Кушвинском заводе. Советская металлургия. 1936. №1, с. 20-25
45. Гулыга В.И. Производство феррованадия из уральских титаномагнетитов и борьба с потерями ванадия. Уральская металлургия. 1937. №4. с. 14-20. Табл.2.
46. Гулыга В.И (Титаномагнетит). Рецензия на книгу Остроухова М.Я. и Красавцева Н.И. «Работа мастера на современной механизированной доменной печи». Харьков-Киев: Гостехиздат УССР. 1936. 328 с. с ил. Металлург. 1937. №5, с.141-143.
47. Гулыга В.И. О фурмах большого диаметра. Востокосталь. Печатается в порядке обсуждения - Сталь 1937, №9, с.10-11.
48. Гулыга В.И. (Востокосталь). О типовой уральской древесноугольной печи.- Печатается в порядке обсуждения. Ред. Уральская металлургия. 1937. №9, с.3-7.

49. Грузинов В.К. (УЗТМ). О типовой древесноугольной доменной печи. - Уральская металлургия 1937. №11. с.15. На статью В.И. Гулыги «О типовой уральской древесноугольной доменной печи» (Уральская металлургия 1937, №9).

50. Бриллиантов Б.А.. к. т. н. (Днепродзержинский металлургический институт). О типовой уральской древесноугольной печи. Уральская металлургия. 1938. №5, с. 5–9.

51. Сорокин В.А.. (Уральский индустриальный институт). К вопросу о типовой древесноугольной доменной печи. -Уральская металлургия. 1937. №11. с.14–15.

52. Ступников А.И., Калинин П.К. (Чусовской металлургический завод). О типовой уральской древесноугольной доменной печи». Уральская металлургия 1938. №3, с.7–12.

53. Гулыга В.И.. Доменное производство. Под редакцией М.А. Павлова. Утв. ГУЧЗ НКТП в качестве учебного пособия для курсов мастеров социалистического труда. М.-Л.: ОНТИ. Главная редакция по чёрной металлургии. 3-я тип. ОНТИ в Лгр. 1937. 368 с ил.

54. О принципах конструирования печей и управления доменной плавкой инженера Владимира Ивановича Гулыги./ В.И. Большаков, А.В. Бородулин, В.И. Нетронин и др.// - «Новини науки Придніпров'я. Науково–практичний журнал. Серія: Інженерні дисципліні». Днепропетровск. 2003. №1, с. 60–70

55. Домна в энергетическом измерении./ А.В. Бородулин, А.Д. Горбунов, В.И. Романенко и др.// - Кривой Рог. СП «Мир». 2004. 412 с.

56. Бородулин А.В., Панюхно Л.Г. Принципы конструирования печей И.Д. Семикина. Металлургия России на рубеже XXI века. Сб. науч. трудов междунауч. науч.–практ. конференции. Том I./ Под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк. Сиб.ГТУ. 2005. с. 297–305.

57. Маркачев И.Г. и Никулинский И.Д.. Рациональная система загрузки доменных печей, её влияние на уменьшение выноса пыли и улучшение хода процесса.// Советская металлургия. 1935. №8, с. 30-49.

58. Задувка доменной печи объёмом 5000 м³ с применением нагретого азота/ А.В. Бородулин, А.И. Васюченко, А.Л. Чайка и др.// - Сталь. 2006. №9, с.6–9

59. Бородулин А.В. Учение И.Д. Семикина в свете теории познания./ Сибирский государственный индустриальный университет. – Вестник горно–металлургической секции РАЕН. Отд. металлургии: Сб. науч. тр. Вып. 21 / Редкол.: Г.В. Галевский (главн. ред.) [и др.]: 2008.–с. 303–318.

60. Басов В.Т. Исследование работы доменной печи № 4 Кузнецкого завода им. Сталина. – Ленинградский индустриальный институт. 1937. Научно–информационный бюллетень №2, с.5–6.

61. Логинов В.И., Плоткин Н.З., Чернов Н.Н. Днепродзержинский металлургический завод – втуз. Исследование доменного процесса на опытной печи. - Сб.: Форсирование доменной плавки. М.: Металлургиздат.1963, с. 256–263.

62. Вегман Е.Ф., Клемперт В.М. Об основных тенденциях изменения проектных профилей доменных печей в XX веке.// Изв. вузов: Черная металлургия. 1987. №7.-с. 8–20

63. Вегман Е.Ф., Чургель В.О. Теоретические проблемы металлургии чугуна.// М.: Машиностроение, 2000. - 348 с.

64. Определение протяженности зоны горения в горне печи объёмом 5000 м³./ И.Г. Хомич, В.В. Тарановский, С.Т. Шулико, В.Е. Геращенко.// - В сб.: Повышение эффективности работы доменных печей. М.: «Металлургия», 1983 (МЧМ СССР), с. 36– 40

65. Исследование газопроницаемости нижней части печи объёмом 5000 м³./ М.Т. Бузовера, С.Т. Шулико и др.// - В сб.: Повышение эффективности работы доменных печей. М.: «Металлургия», 1983 (МЧМ СССР), с. 31–35.

66. Исследование режимов работы фурменной зоны доменной печи методами математического моделирования./ Чайка А.Л., Листопадов В.С., Шулико С.Т. и др.// - Теория и практика производства чугуна. Сб. трудов международной научно–технической конференции. – Кривой Рог: КГГМК «Криво-рождсталь». 2004. с. 328–332.

67. Борисов А.Ф. Повышение эффективности доменной плавки. Доклады А.Ф. Борисова в доменном цехе ММК в 1946–1961 гг. Научный редактор Б.М. Раковский. – М.: Черметинформация. 1978. – 115 с.

К сведению авторов

Сборник научных трудов «Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии» подготавливается к печати Сибирским государственным индустриальным университетом совместно с отделением металлургии горно-металлургической секции РАЕН.

В сборник могут быть представлены работы по направлениям:

- металлургия черных и цветных металлов и сплавов;
- порошковая металлургия, композиционные материалы и покрытия;
- физика металлов и металловедение;
- экономика, управление и экология на предприятиях;
- проблемы высшего образования;
- отклики, рецензии и биографии.

Рукописи статей, оформленные в соответствии с нижеизложенными требованиями, направляются в Сибирский государственный индустриальный университет.

К рукописи прилагаются:

- разрешение ректора или проректора вуза на опубликование результатов работ;
- рекомендация соответствующей кафедры высшего учебного заведения или научного семинара академических институтов или отраслевых НИИ;
- рецензия, подготовленная специалистом, имеющим ученую степень, заверенная по месту работы рецензента,
- акт экспертизы, подтверждающей возможность опубликования работы в открытой печати;
- сведения об авторах (Ф.И.О. полностью, уч. степень, звание, вуз, служебный и домашний адрес, телефон).

Рукописи направляются в редакцию в одном экземпляре. Текст рукописи должен быть отпечатан на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 с полями 25 мм с каждой стороны. Объем статьи (включая аннотацию, иллюстрации, таблицы, библиографический список) не должен превышать 6-8 страниц машинописного текста, напечатанного через 1,5 интервала, размер шрифта 14 пт. Последнюю страницу рекомендуется занимать полностью.

Текст аннотации на русском и английском языке объемом порядка 1/4 страницы печатается через 1 интервал и помещается после заглавия статьи. Текст аннотации должен содержать только краткое описание публикуемого материала.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре; они должны быть выполнены тушью на белой бумаге или кальке и скомпонованы на одном или двух стандартных листах формата А4 (с полным их заполнением). Размер иллюстрации (иллюстраций) вместе с наименованием, поясняющей надписью и номером не должен превышать 250×170 мм. Страницы, занятые иллюстрациями, включают в общую нумерацию страниц.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц, имеющих заголовки и

размещаемых в тексте по мере упоминания. Не рекомендуется делить головки таблиц по диагонали и включать графу «№ п/п».

Перечень литературных источников должен быть минимальным. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-84: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, название статьи, полное название журнала, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборника – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название сборника, место издания, издательство, год издания, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипция, библиографическом списке фамилии авторов, название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

В начале статьи указывается индекс УДК (ББК). Название организации приводится полностью и размещается после фамилии авторов. Первая страница рукописи подписывается внизу всеми авторами статьи. Число авторов не должно превышать пяти; количество публикаций одного автора – не более двух в одном выпуске.

Для создания современного облика настоящего сборника, улучшения качества печати предусмотрен компьютерный набор. Поэтому, наряду с вышеуказанными документами и отпечатанными на бумаге статьями, в адрес редколлегии необходимо выслать дискету с текстом статьи, включая таблицы и подрисуночные подписи. Набор текстового файла осуществляется в редакторе *Microsoft Word for Windows (ver. 6.0, 7.0. 97, 2000)*. Графические объекты представляются в файлах (любого графического формата). При отсутствии такой возможности высылаются рисунки, выполненные тушью на бумаге, фотографии – в оригинале.

Сборник научных трудов реферируется в РЖ «Металлургия», зарегистрирован в Международном центре «Международной стандартной нумерации сериальных изданий (International standard serial numbering – ISSN)», ему присвоен ISSN 2073–2848. Дополнительная информация о сборнике научных трудов представлена на сайте СибГИУ <http://www.sibsiu.ru> в разделе «Издательская деятельность».

Срок представления материалов для следующего выпуска «Вестника горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии» – до 1 ноября 2010 г. Статьи направлять главному редактору по адресу: ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк, Кемеровской обл., ул. Кирова, 42.

Вестник горно-металлургической секции РАЕН.

Отделение металлургии

Сборник научных трудов

Компьютерный набор Темлянцева Е.Н.

подписано в печать 26.07.2010 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 12,5 Уч.-изд.л. 13,3 Тираж 300 экз. Заказ № 583

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательство СибГИУ