

Научный журнал

# ВЕСТНИК

Сибирского  
государственного  
индустриального  
университета

№ 1 (23), 2018

Основан в 2012 году  
Выходит 4 раза в год

## Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

## Редакционная коллегия

М.В. Темлянецв  
(главный редактор)

А.В. Новичихин  
(отв. секретарь)

П.П. Баранов

Е.П. Волынкина

Г.В. Галевский

В.Ф. Горюшкин

В.Е. Громов

Л.Т. Дворников

Жан-Мари Дрезет

Стефан Золотарефф

Пенг Као

С.В. Коновалов

С.М. Кулаков

А.Г. Никитин

Е.Г. Оршанская

Т.В. Петрова

Е.В. Протопопов

В.И. Пантелеев

Арвинд Сингх

А.Ю. Столбоушкин

И.А. Султангузин

А.В. Феокистов

В.Н. Фрянов

В.П. Цымбал

Си Чжан Чен

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- А.А. Усольцев, Н.В. Кибко, Н.А. Козырев, Л.П. Башенко, А.И. Гусев Исследование качества металла, наплавленного порошковыми проволоками системы Fe – С – Si – Mn – Cr – Ni – Mo.....4
- Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, В.М. Шурупов, Р.Е. Крюков, А.А. Уманский Изучение структуры и свойств вольфрамсодержащего наплавленного слоя.....10
- В.П. Цымбал От кибернетики к синергетике и новым металлургическим технологиям.....16

### ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Н.А. Королёв, М.К. Венгер, И.А. Королёв, А.А. Возная Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения руд.....27

### ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- В.В. Стерлигов, Е.С. Татарина, И.В. Чикурова Методика выбора металлургического топлива.....32

### ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- О.Х. Ниёзов, И.Н. Ганиев, Н.М. Муллоева, С.У. Худойбердиева Потенциодинамическое исследование сплава  $SSu_3$ , легированного кальцием в среде электролита NaCl.....36

### ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Т.В. Петрова, С.В. Стрекалов Разработка метода выбора поставщика материально-технического ресурса на предварительном этапе тендера.....41

### АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Ю.К. Осипов, В.В. Шевченко, А.Н. Бричев Архитектурный чертеж как средство профессиональной коммуникации.....46

### СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ

- Е.С. Блохина Некоторые проблемы государственной регистрации благотворительного фонда.....52
- А.С. Батищева, В.А. Быстров Анализ состояния и проблемы производственного травматизма в Кузбассе.....59

## ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Журналу «Известия высших учебных заведений. Черная металлургия» – 60 лет.....64

Рефераты.....66

К сведению авторов.....71

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:  
**ПИ № ФС77-52991** от 01.03.2013 г.

**Адрес редакции:**

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет  
каб. 433 М  
тел. 8-3843-74-86-28  
[http: www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)  
e-mail: [vestnicsibgiu@sibsiu.ru](mailto:vestnicsibgiu@sibsiu.ru)

**Адрес издателя:**

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет  
каб. 336 Г  
тел. 8-3843-46-35-02  
e-mail: [rector@sibsiu.ru](mailto:rector@sibsiu.ru)

**Адрес типографии:**

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет  
каб. 280 Г  
тел. 8-3843-46-44-02

**Подписные индексы:**

Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать

26.03.2018 г.

Выход в свет

29.03.2018 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,5.

Уч.-изд.л. 4,9.

Тираж 300 экз.

Заказ № 96.

Цена свободная.

*А.А. Усольцев, Н.В. Кибко, Н.А. Козырев, Л.П. Бащенко, А.И. Гусев*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ СИСТЕМЫ Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo

Износ рабочих поверхностей механизмов машин горного оборудования в результате абразивного и ударного изнашивания при эксплуатации вызывает необходимость проведения восстановления. Наиболее перспективным процессом является восстановление с использованием наплавки порошковой проволокой. Для этого в нашей стране и за рубежом ведется разработка и изготовление специальных наплавочных материалов и порошковых проволок [1 – 9]. Благодаря оптимально подобранному способу легирования наплавленные покрытия обладают высокими твердостью, абразивной и ударно-абразивной износостойкостью. Широкое распространение для наплавки абразивно-изнашивающихся изделий получили наплавочные проволоки систем Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo типа А и В по классификации МИС [10]. В настоящей работе продолжены начатые ранее исследования по разработке новых составов порошковых проволок для наплавки на изделия, работающие в условиях абразивного износа в горнорудной промышленности [11 – 14].

Изготовление проволоки проводили на лабораторной машине. Диаметр изготовленной проволоки 5 мм, оболочка выполнена из ленты стали марки Ст3. В качестве наполнителя использовали соответствующие порошкообразные материалы: порошок железа марки ПЖВ1 по ГОСТ 9849 – 86, порошок ферросилиция

марки ФС 75 по ГОСТ 1415 – 93, порошок высокоуглеродистого феррохрома марки ФХ900А по ГОСТ 4757 – 91, порошок углеродистого ферромарганца ФМн 78(А) по ГОСТ 4755 – 91, порошок никеля ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722 – 97, порошок ферромolibдена марки ФМо60 по ГОСТ 4759 – 91, порошок кобальта ПК-1У по ГОСТ 9721 – 79, порошок вольфрама ПВ-1 ТУ 14-22-143 – 2000. В качестве углеродсодержащего компонента использовали пыль газоочистки алюминиевого производства следующего химического состава: 21 – 46,23 %  $Al_2O_3$ ; 18 – 27 % F; 8 – 15 %  $Na_2O$ ; 0,4 – 6,0 %  $K_2O$ ; 0,7 – 2,3 % CaO; 0,5 – 2,48 %  $SiO_2$ ; 2,1 – 3,27 %  $Fe_2O_3$ ; 12,5 – 30,2 %  $C_{общ}$ ; 0,07 – 0,90 % MnO; 0,06 – 0,90 MgO; 0,09 – 0,19 % S; 0,10 – 0,18 % P (по массе). Состав шихты порошковых проволок представлен в табл. 1.

Наплавку изготовленной проволокой проводили под флюсом АН-26С на пластины из стали марки Ст3 в пять слоев при помощи сварочного трактора АСАW-1250. Режим наплавки:  $I = 450$  А,  $U = 30$  В,  $V = 10$  см/мин.

Образцы для проведения исследований макро- и микроструктуры, твердости, износостойкости были подготовлены по методике, включающей вырезку образцов на отрезном станке KKS 315L, шлифование на плоскошлифовальном станке ЗД725, полирование на полировальном станке FROMMIA 835 SE.

Т а б л и ц а 1

**Состав шихты порошковых проволок**

Порошкообразный материал	Содержание, %, в образце		
	1Г22	2Г23	3Г24
Ферросилиций ФС 75	2,50	2,50	2,50
Ферромарганец ФМн	3,13	3,13	3,13
Феррохром ФХ900А	15,64	15,63	15,64
Никель ПНК-1Л5	0,94	0,94	0,94
Ферромolibден ФМо60	1,56	1,56	1,56
Кобальт ПК-1У	0	0	0,94
Вольфрам ПВ-1	0	18,76	0
Углеродсодержащий компонент	6,45	6,44	6,45
Порошок железа марки ПЖВ1	69,77	51,03	68,84

Химический состав наплавленных слоев определяли по ГОСТ 10543 – 98 рентгенофлюоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Химический состав наплавленных слоев, полученных с использованием порошковых проволок, приведен в табл. 2. Твердость наплавленных слоев измеряли с помощью твердомера МЕТ-ДУ.

Испытания на износостойкость проводили по методу, основанном на измерении массы образца до и после износа. Износ образцов осуществляли на машине 2070 СМТ-1, характеристики которой: погрешность измерителя частоты вращения вала нижнего образца  $\pm 3\%$ , предел допускаемого значения среднего квадратичного отклонения случайной составляющей приведенной погрешности измерителя момента трения в режиме статического нагружения  $1\%$ . Испытания проводили при режиме: нагрузка 30 мА (78,4 Н), частота 20 об/мин, нагружение образцов проводили с помощью пружинного механизма, частоту вращения измеряли с помощью тахогенератора на валу двигателя, а число оборотов – с помощью бесконтактного датчика. В процессе испытания образец взаимодействовал с колодкой, изготовленной из стали типа P18. В табл. 2 приведены результаты испытаний.

Металлографический анализ верхнего наплавленного слоя проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 с автоматическим структурным анализатором «EPIQUANT» в светлом поле (диапазон увеличений 100 – 1000) после травления в спиртовом растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639 – 82 при увеличении 100 методом сравнения с эталонными шкалами. Определение размера игл мартенсита и балла мартенсита проводили согласно ГОСТ 8233 – 56 (увеличение 1000), используя программное обеспечение микроскопа, пакет прикладных программ для металлографических исследований SiamPhotolab 700 методом сравнения с эталонными шкалами. Исследования продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений осуществляли в соответствии с ГОСТ 1778 – 70 (увеличение 100) методом сравнения с эталонными шкалами.

Металлографические исследования показали, что микроструктура слоев, наплавленных порошковыми проволоками, представляет собой мелко- и среднеигльчатый мартенсит и тонкие прослойки  $\delta$ -феррита, располагающиеся по границам бывших зерен аустенита. Структура слоев, наплавленных порошковыми

проволоками, представлена на рис. 1, характеристики структуры приведены в табл. 3.

Установлено, что введение в состав шихты проволоки порошков вольфрама и кобальта способствует незначительному измельчению игл мартенсита и уменьшению величины первичного зерна аустенита.

В результате оценки загрязненности наплавленного слоя неметаллическими включениями установлено присутствие оксидных неметаллических включений, в частности силикатов недеформирующихся и оксидов точечных (табл. 3). Показано, что изменение химического состава практически не оказывает влияния на степень загрязненности наплавленного металла неметаллическими включениями. Для всех наплавленных слоев отмечена незначительная загрязненность оксидами точечными и силикатами недеформирующимися.

При исследовании влияния использования вольфрама и кобальта на свойства наплавленного слоя установлено, что введение вольфрама в состав шихты проволоки повышает твердость наплавленного металла, однако при этом снижается износостойкость. Это, по-видимому, связано с высокопрочной твердой мартенситной матрицей, в которую «вмонтированы» более твердые карбиды вольфрама. Низкая вязкость матрицы не позволяет удерживать на поверхности карбиды вольфрама, в результате чего износ осуществляется не по схеме равномерного истирания поверхности, а по схеме выкрашивания высокопрочных частиц карбидов из матрицы. В результате в матрице образуются дополнительные трещины, способствующие ускорению ее износа.

Введение кобальта в состав шихты проволоки не оказывает заметного влияния на твердость и абразивный износ наплавленного слоя, что связано с получением более вязкой, но менее твердой матрицы. В случае отсутствия твердых частиц карбидов, вмонтированных в матрицу, эффект от введения кобальта отрицательный.

Анализ результатов определения твердости наплавленных слоев и испытания на износостойкость показали, что преобладающее влияние на исследуемые характеристики оказывают содержания хрома (рис. 2) и вольфрама (рис. 3).

Статистическая обработка полученных результатов позволила получить следующие регрессионные зависимости HRC и потери масс при износе ( $V$  – скорости износа):

$$\text{HRC} = 50,188 - 2,136\text{Cr} + 1,381\text{W} \\ (R^2 = 0,989);$$

Т а б л и ц а 2

**Химический состав, износ и твердость наплавленных слоев**

Образец	Содержание, %, элементов														HRC	Износ, г/об
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	B	W	Co	Al	Cu	Ti	S	P		
1Г22	0,23	0,65	0,94	3,86	0,27	0,41	0,001	0,04	0,014	0,04	0,07	0,001	0,037	0,025	41 – 43	0,000033
2Г23	0,28	0,61	0,93	3,57	0,27	0,39	0,001	4,66	0,02	0,02	0,07	0,001	0,044	0,023	48 – 50	0,000065
3Г24	0,20	0,78	1,01	4,12	0,26	0,37	0,001	0,08	0,19	0,03	0,07	0,001	0,042	0,019	40 – 43	0,000030

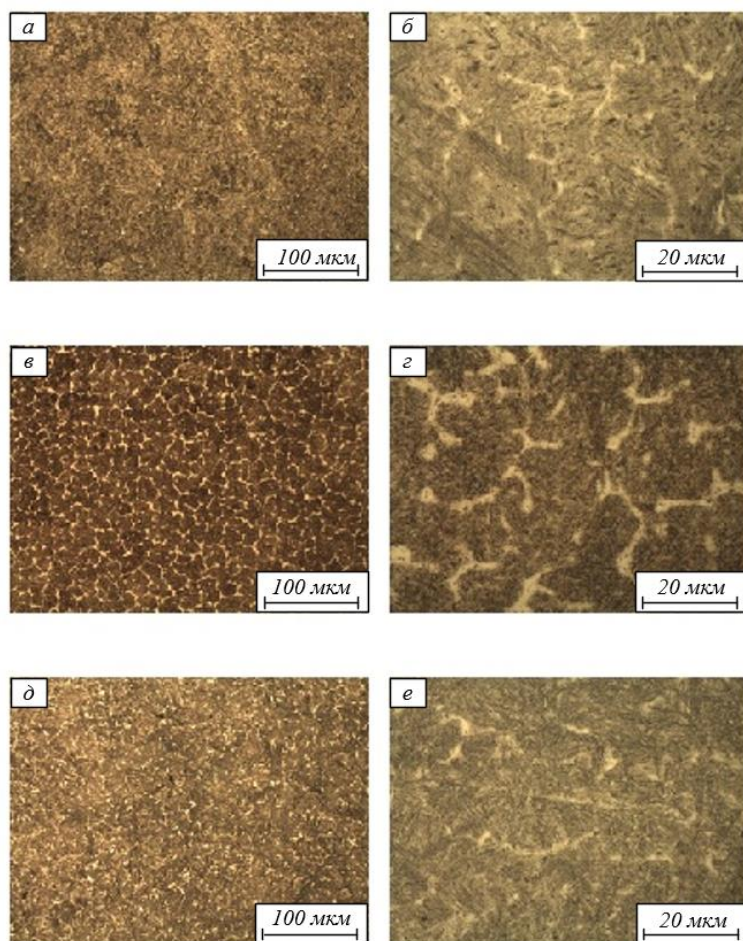


Рис. 1. Микроструктура слоев, наплавленных исследуемыми порошковыми проволоками  
*a, б* – образец 1Г22; *в, г* – образец 2Г23; *д, е* – образец 3Г24

$$V = 0,0000809 - 0,000012Cr + 0,000006,14W$$

$$(R^2 = 0,998).$$

**Выводы.** Проведен металлографический анализ наплавленных слоев, полученных при использовании порошковых проволок системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo с дополнительным введением в состав кобальта и вольфрама. Установлено, что структурными составляющими всех наплавленных слоев являются мелко- и среднеигольчатый мартенсит, тонкие

прослойки  $\delta$ -феррита, располагающегося по границам бывших зерен аустенита. Введение в состав шихты проволоки порошков вольфрама и кобальта способствует незначительному измельчению игл мартенсита и уменьшению величины первичного зерна аустенита. Проведена оценка загрязненности наплавленных слоев неметаллическими включениями. Установлено присутствие в наплавленном металле силикатов недеформирующихся и оксидов точечных. Введение в состав шихты проволоки вольфра-

Т а б л и ц а 3

**Характеристики неметаллических включений и структуры исследуемых образцов**

Образец	Загрязненность неметаллическими включениями, балл		Величина зерна аустенита, номер	Размер игл мартенсита, мкм
	силикаты недеформирующиеся (хрупкие)	оксиды точечные		
1Г22	1б, 2б	1 а	6	6 – 10
2Г23	1б, 2б	1 а	6, 7	4 – 8
3Г24	2б, 2а	1 а	6, 7	3 – 9

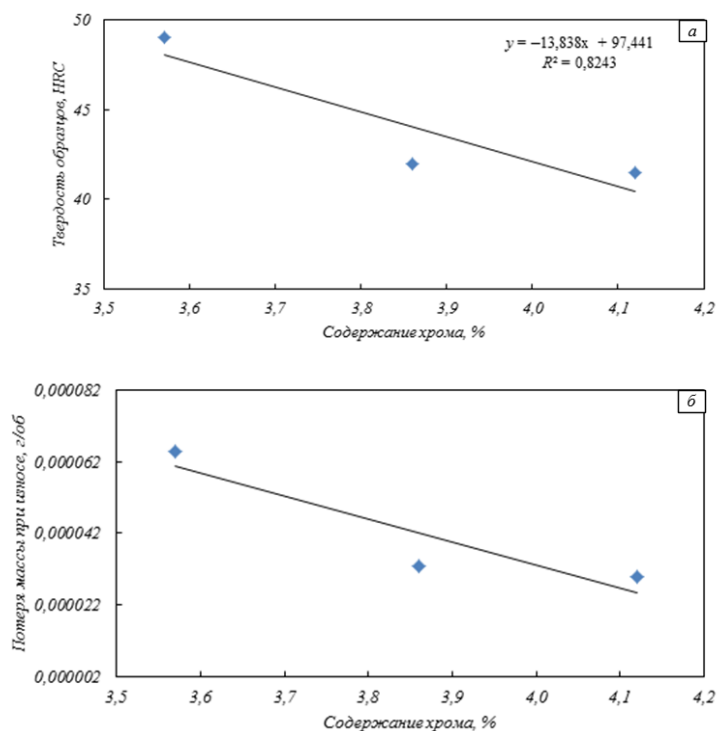


Рис. 2. Влияние содержания хрома на твердость наплавленных слоев (а) и потерю массы при износе (б)

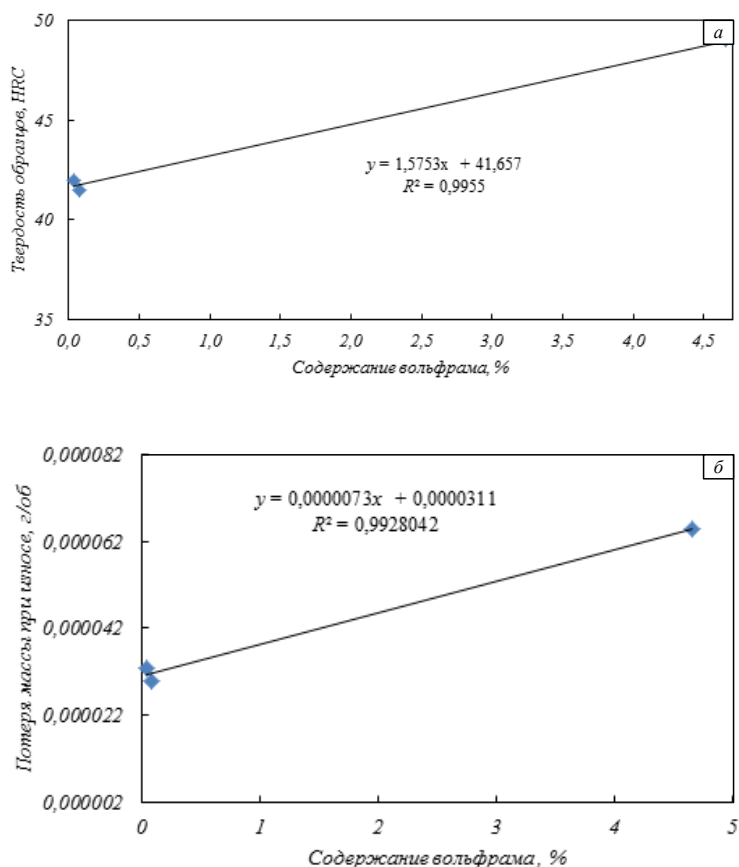


Рис. 3. Влияние содержания вольфрама на твердость наплавленных слоев (а) и потерю массы при износе (б)

ма или кобальта практически не оказывает влияния на степень загрязненности наплавленного слоя неметаллическими включениями.

Отмечена незначительная загрязненность оксидными неметаллическими включениями наплавленного металла. Предложен механизм,

описывающий износ при использовании вольфрама и кобальта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Azzoni M. Directions and developments in the types of hard phases to be applied in abrade deposits against abrasion // *WeldInternational*. 2009. Vol. 23. P. 706 – 716.
2. Klimpel A., Dobrzanski LA, Janicki D, Lisiecki A. Abrasion resistance of GMA metal cored wires surfaced deposits // *Materials Processing Technology*. 2005. Vol. 164-165. P. 1056 – 1061.
3. Тепляшин М.В., Комков В.Г. Исследование влияния легирующих элементов на износостойкость в сплавах, предназначенных для электрошлаковой наплавки бил молотковых мельниц // *Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ»*. 2013. Т. 4. № 4. С. 1554 – 1561.
4. Тепляшин М.В., Комков В.Г., Стариенко В.А. Разработка экономнолегированного сплава для восстановления бил молотковых мельниц // *Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ»*. 2013. Т. 4. № 4. С. 1543 – 1549.
5. Чейлях Я.А., Чигарев В.В. Разработка состава экономнолегированной Fe – Cr – Mn стали с регулированием содержания и метастабильности аустенита // *Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. 2011. № 22. С. 103 – 108.
6. Kejžar R., J. Grum. Hardfacing of Wear-Resistant Deposits by MAG Welding with a Flux-Cored Wire Having Graphite in Its Filling // *Welding International*. 2005. Vol. 20. P. 961 – 976.
7. Ma H.R., Chen X.Y., Li J.W., Chang C.T., Wang G., Li H., Wang X.M., Li R.W. Fe-based amorphous coating with high corrosion and wear resistance // *Surface Engineering*. 2016. Vol. 46. P. 1 – 7.
8. Filippov M.A., Shumyakov V.I., Balin S.A., Zhilin A.S., Lehchilo V.V., Rimer G.A. Structure and wear resistance of deposited alloys based on metastable chromium-carbon austenite // *Welding International*. 2015. Vol. 29. P. 819 – 822.
9. Liu D.S., Liu R.P., Wei Y.H. Influence of tungsten on microstructure and wear resistance of iron base hardfacing alloy // *Materials Science and Technology*. 2013. Vol. 30. P. 316 – 322.
10. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Металлургия, 1974. – 768 с.
11. Gusev A.I., Kibko N.V., Kozyrev N.A., Popova M.V., Osetkovsky I.V. A study on the properties of the deposited metal by flux cored wires 40GMFR and 40H3G2MF // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 1 – 9.
12. Гусев А.И., Кибко Н.В., Попова М.В., Козырев Н.А., Осетковский И.В. Структура и свойства наплавленных слоев, полученных с применением порошковых проволок 40ГМФР и 40ХЗГ2МФ. – В кн.: *Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сб. научн. тр. Вып. 36.* – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 174 – 181.
13. Гусев А.И., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Попова М.В., Крюков Р.Е. Изучение структуры и свойств металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe – С – Si – Mn – Cr – Mo – Ni – V – Co // *Актуальные проблемы в машиностроении*. 2017. Т. 4. № 2. С. 113 – 119.
14. Гусев А.И., Кибко Н.В., Попова М.В., Козырев Н.А., Осетковский И.В. Наплавка порошковыми проволоками С – Si – Mn – Mo – V – В и С – Si – Mn – Cr – Mo – V деталей горнорудного оборудования // *Изв. вузов. Черная металлургия*. 2017. Т. 60. № 4. С. 318 – 323.

© 2018 г. А.А. Усольцев, Н.В. Кибко,  
Н.А. Козырев, Л.П. Бащенко,  
А.И. Гусев

Поступила 16 февраля 2018 г.



УДК 621.791:624

*Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, В.М. Шурупов, Р.Е. Крюков, А.А. Уманский***Сибирский государственный индустриальный университет****ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ  
ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩЕГО НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ**

Для ремонтных операций широкое распространение при наплавке получили порошковые проволоки различного химического состава [1 – 7]. Особая роль отводится наплавочным материалам, обладающим наивысшей износостойкостью – вольфрамсодержащим порошковым проволокам, в которых используют восстановленный вольфрам в виде ферросплавов, лигатур и металлического порошка различной степени чистоты [8 – 11]. В работах [12 – 14] проведено изучение возможности восстановления вольфрама при наплавке порошковыми вольфрамсодержащими проволоками.

В настоящей работе изучали влияние замены в порошковой проволоке порошкообразного вольфрама на оксид вольфрама и углеродсодержащий восстановитель на микроструктуру и микротвердость структурных составляющих наплавленного слоя.

Исследовали две партии образцов: *I* – порошковые вольфрамсодержащие проволоки, типа Н по классификации МИС (образцы *1* и *2*), *II* типа Е (образцы *3* и *4*). В состав шихты проволоки вводили порошок вольфрама (образцы *1* и *3*) и оксид вольфрама с углеродсодержащим восстановителем (образцы *2* и *4*).

В качестве наполнителя использовали порошки: кремния КР-1 по ГОСТ 2169 – 69, марганца МР-0 по ГОСТ 6008 – 82, хрома ПХА-1М по ТУ 14-1-1474 – 75, ванадия ВЭЛ-1 по ТУ 48-0533 – 71, никеля ПНК-1л5 по ГОСТ 9722 – 97, алюминия ПАП-1 по ГОСТ 5494 – 95, железного порошка ПЖВ-1 по ГОСТ 9849 – 86, вольфрама ПВТ по ТУ 48-19-72 – 92. В качестве оксида вольфрама использовали вольфрамовый концентрат марки КШ-4 по ГОСТ 213 – 83 производства ОАО «Горнорудная компания «АИР», а в качестве углеродсодержащего восстановителя – пыль газоочистки алюминиевого производства, содержащую 21 – 43,27 %  $Al_2O_3$ ; 18 – 27 % F; 8 – 13 %  $Na_2O$ ; 0,4 – 6,0 %  $K_2O$ ; 0,7 – 2,1 % CaO; 0,5 – 2,48 %  $SiO_2$ ; 2,1 – 2,3 %  $Fe_2O_3$ ; 12,5 – 28,2 %  $C_{общ}$ ; 0,03 – 0,90 % MnO; 0,04 – 0,90 % MgO; 0,09 – 0,46 % S; 0,10 – 0,18 % P (по массе). Химический состав наплавленных с использованием порошковых проволок слоев приведен в табл. 1.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлюоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71.

Металлографический анализ наплавленного слоя проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 с автоматическим структурным анализатором «EPIQUANT» в светлом поле при увеличении 100 и 500 после травления в спиртовом растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639 – 82 при увеличении 100 методом сравнения с эталонными шкалами. Исследования продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений осуществляли в соответствии с ГОСТ 1778 – 70 (при увеличении 100) методом сравнения с эталонными шкалами.

Микротвердость структурных составляющих определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9450 – 76 с использованием цифрового микротвердомера модели HVS-1000 с автоматической поворотной головкой и цифровым отображением данных. Для каждого образца проводили 10 измерений микротвердости. Расчет твердости по Виккерсу, отображение значения на экране компьютера и сохранение изображения с отпечатком выполнялись автоматически с помощью подключенной CCD-камеры к компьютеру с платой видеозахвата и соответствующим программным обеспечением анализа изображений.

Металлографический анализ образцов *1* и *2* (партия *I*) показал, что микроструктура наплавленного слоя представляет собой игольчатый бейнит и аустенит остаточный или феррит и перлит (рис. 1, *a – z*).

В результате оценки загрязненности неметаллическими включениями наплавленного слоя установлено присутствие оксидных неметаллических включений, в частности силикатов недеформирующихся и оксидов точечных (рис. 2, табл. 2).

Таблица 1

## Химический состав наплавленного металла

Проба	Содержание элемента, % (по массе)														
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	Co	S	P
1	0,08	0,31	1,21	0,10	0,46	0,16	0,003	6,07	0,11	0,07	0,023	0,010	0,001	0,054	0,007
2	0,08	0,32	1,60	0,13	4,52	0,19	0,009	11,21	0,38	3,78	0,022	0,010	0,002	0,052	0,007
3	0,10	0,69	0,67	5,14	0,25	0,06	0,007	3,41	0,17	0,01	0,041	0,010	0,001	0,051	0,007
4	0,09	0,39	0,55	3,99	0,21	0,07	0,002	3,32	0,09	0,01	0,021	0,013	0,001	0,083	0,008

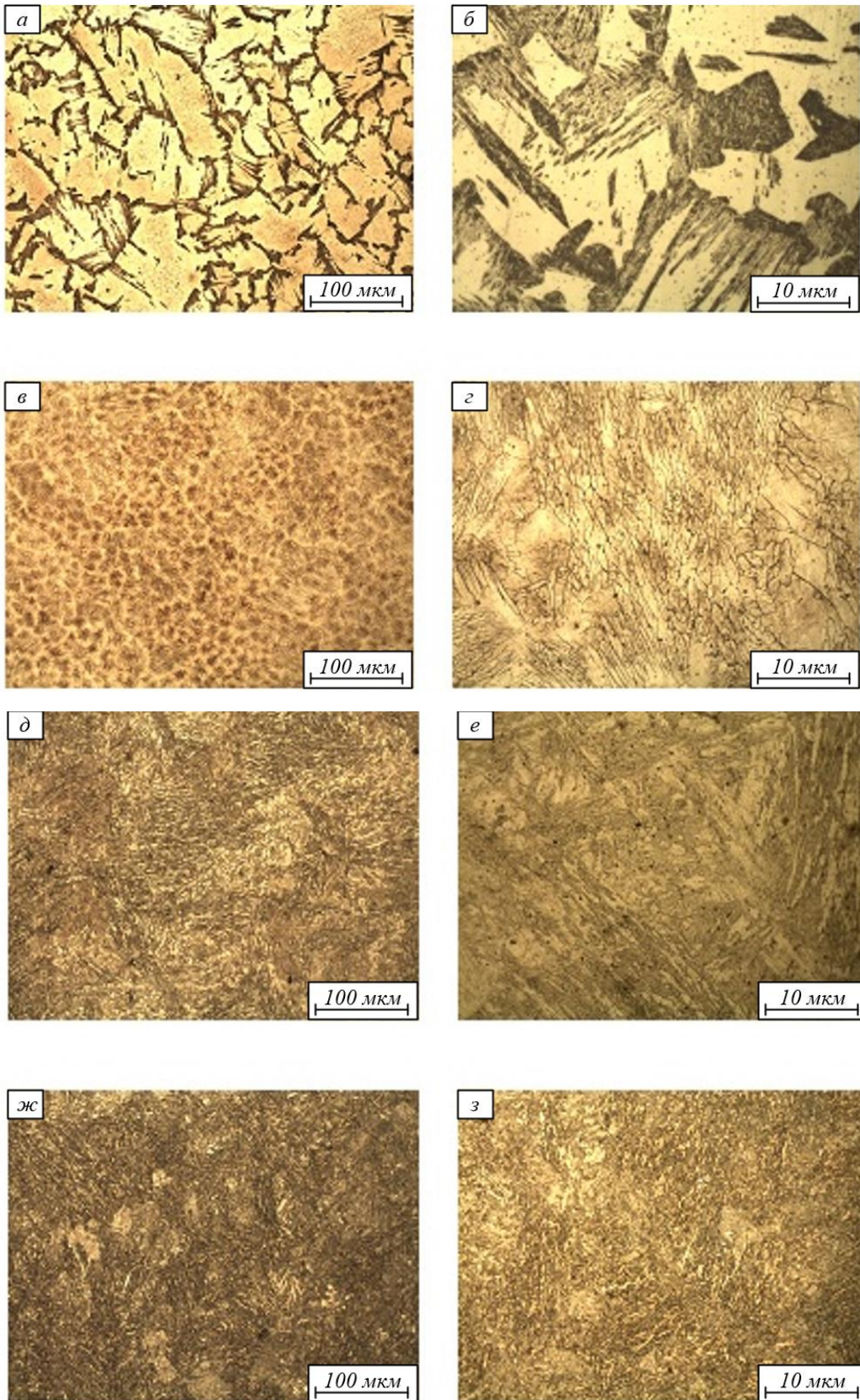


Рис. 1. Микроструктура наплавленного слоя образца 1 (а, б), образца 2 (в, г), образца 3 (д, е), образца 4 (ж, з)

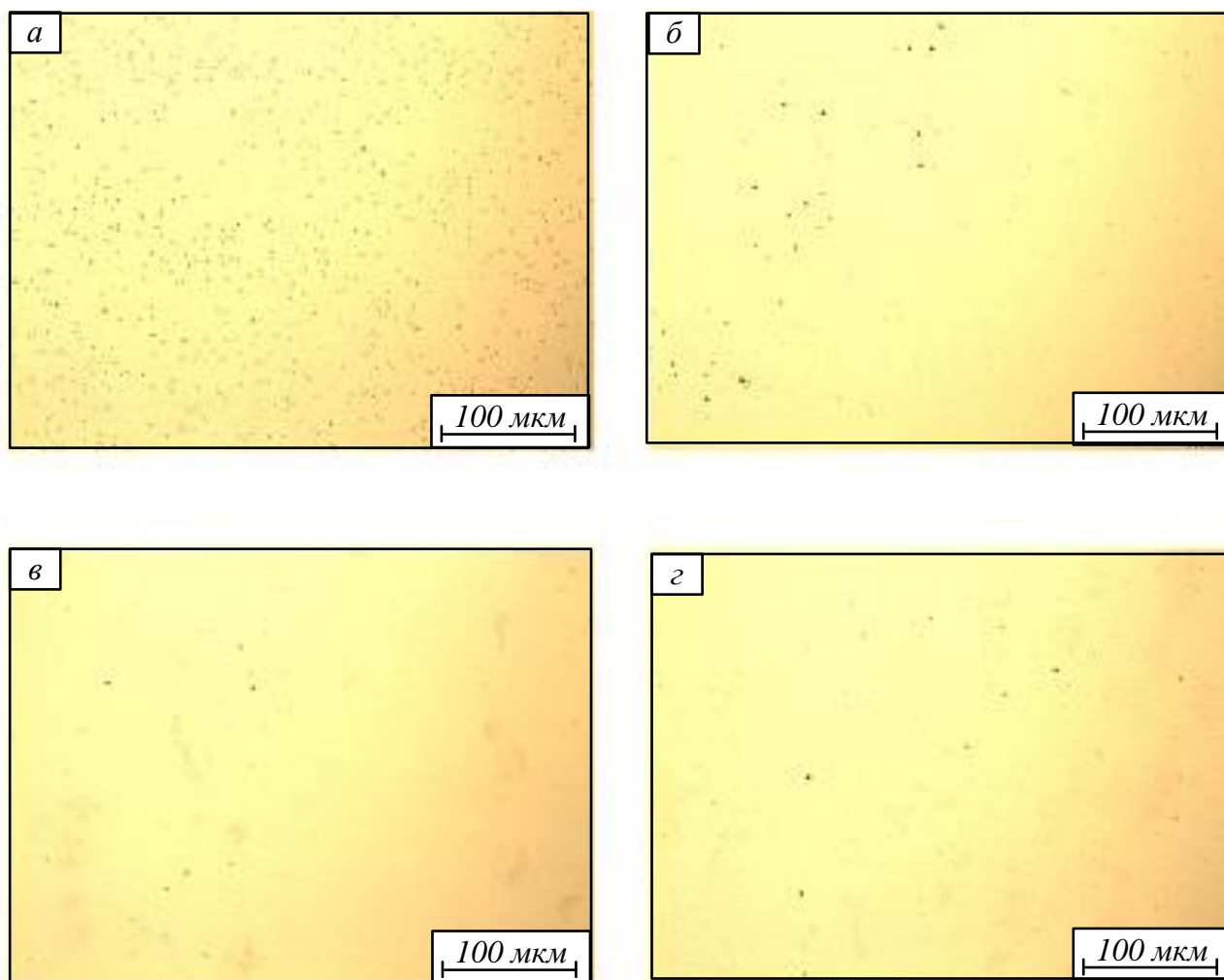


Рис. 2. Характер неметаллических включений в наплавленном слое образцов 1 – 4 (а – г)

Средняя микротвердость структурных составляющих наплавленного металла находится в пределах 464 – 474 НV (табл. 2, рис. 3).

При использовании в шихте проволоки порошка вольфрама (образец 1) металл наплавленного слоя имеет феррито-перлитную структуру (рис. 1, а, б). Величина бывшего зерна

аустенита по шкале зернистости соответствует № 3, 4 (табл. 2). Средняя микротвердость наплавленного металла составляет 464 НV (рис. 3, табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Характеристики структуры, неметаллических включений и микротвердость наплавленного слоя**

Образец	Загрязненность неметаллическими включениями, балл		Величина бывшего зерна аустенита, номер	HV
	силикаты недеформирующиеся	оксиды точеные		
1	2б, 1б, 3б	1а, 2а	3, 4	464
2	1б, 2б, 3б	1а	7	474
3	1б, 2б, 2а	1а	5	793
4	2б, 1б, 2а	1а	5, 6	920

Использование вольфрамового концентрата вместо порошка вольфрама при изготовлении проволоки приводит к следующим изменени-

ям: наплавленный металл имеет феррито-перлитную структуру, обладающую гораздо меньшей величиной первичного зерна аустени-

та. Величина бывшего зерна аустенита по шкале зернистости соответствует № 7 (рис. 1, в, з). Средняя микротвердость перлита в микроструктуре наплавленного металла составляет 474 HV (рис. 3, табл. 2). Использование вольфрамового концентрата вместо порошка вольфрама уменьшает загрязненность наплавленного металла оксидами точечными (табл. 2).

В результате металлографических исследований образцов 3 и 4 (партия II) определено, что микроструктура наплавленного слоя представляет собой крупноиглочатый мартенсит и аустенит остаточный (рис. 1, д – з). При изучении характера загрязненности наплавленного

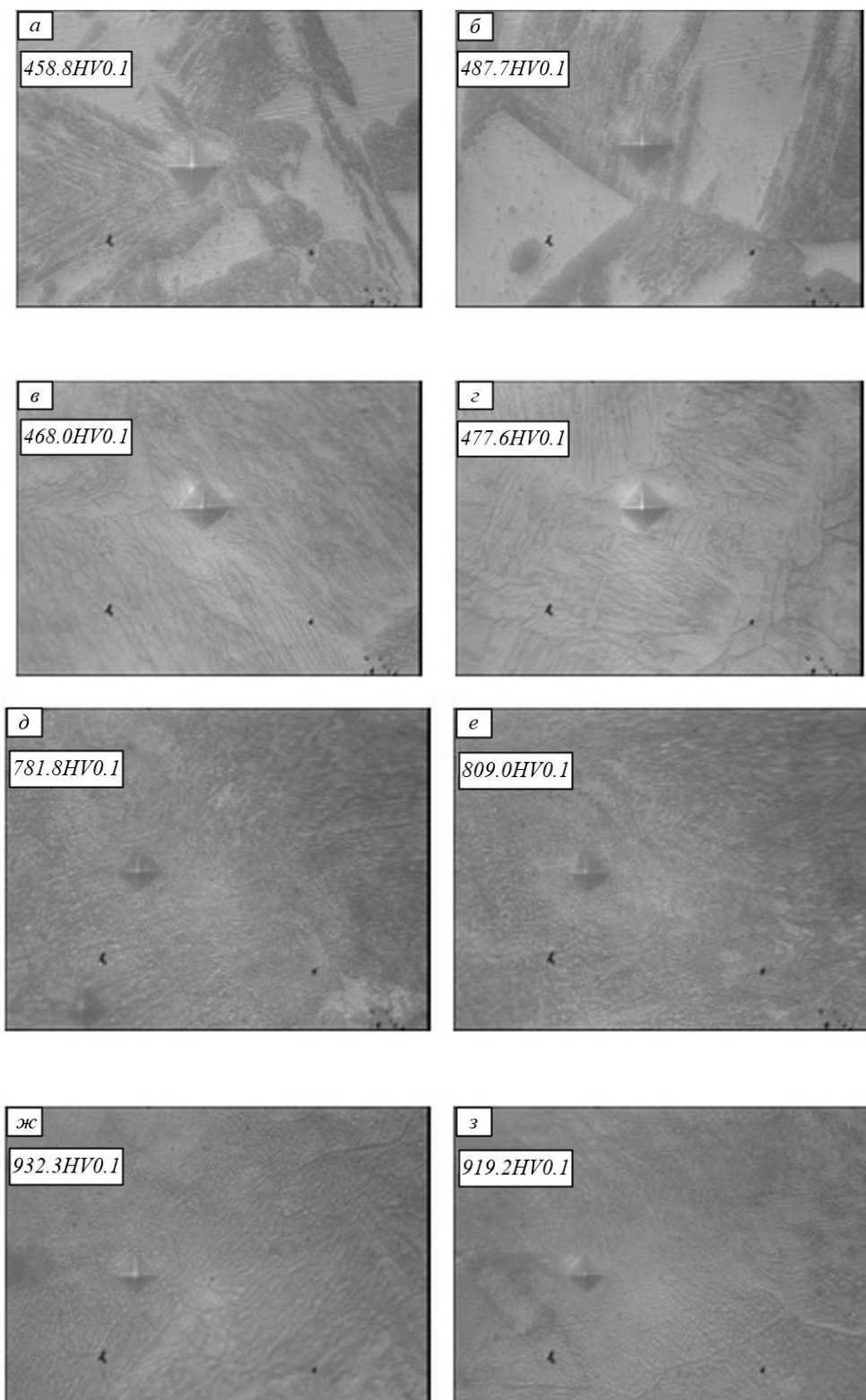


Рис. 3. Микротвердость наплавленного слоя ( $\times 400$ ) образца 1 (а, б), образца 2 (в, з), образца 3 (д, е), образца 4 (ж, з)

слоя неметаллическими включениями установлено присутствие в нем силикатов недеформирующихся и оксидов точечных (рис. 2, табл. 2). Средняя микротвердость мартенсита в структуре наплавленного металла находится в пределах 793 – 920 HV (рис. 3, табл. 2).

После введения в состав шихты проволоки порошка вольфрама в структуре наплавленного слоя (образец 3) присутствует мартенсит с размером игл до 16 мкм (балл 8) (рис. 1, д, е). Величина бывшего зерна аустенита по шкале зернистости соответствует № 5 (табл. 2). Средняя микротвердость мартенсита в структуре наплавленного слоя составляет 793 HV (рис. 3, табл. 2).

Использование вольфрамового концентрата вместо порошка вольфрама при изготовлении проволоки способствует незначительному измельчению игл мартенсита и уменьшению величины первичного зерна аустенита (образец 4). В этом случае в структуре наплавленного слоя присутствует мартенсит с размером игл до 12 – 16 мкм (балл 7, 8), а величина бывшего зерна аустенита соответствует № 5, 6 (рис. 1, ж, з). При этом введение вольфрамового концентрата в состав шихты проволоки обеспечивает повышение микротвердости мартенсита до 920 HV (на 14 %) (рис. 3, табл. 2).

Использование вольфрамового концентрата вместо порошка вольфрама практически не оказывает влияния на степень загрязненности наплавленного слоя неметаллическими включениями (рис. 2, табл. 2).

**Выводы.** Изучено влияние введения в состав порошковой проволоки вольфрама и вольфрамового концентрата на микроструктуру и микротвердость структурных составляющих наплавленного ею слоя. При введении вольфрамового концентрата отмечено значительное уменьшение величины бывшего зерна аустенита в структуре наплавленного слоя порошковой вольфрамсодержащей проволокой типа Н. Использование вольфрамового концентрата обеспечивает незначительное измельчение игл мартенсита и уменьшение величины первичного зерна аустенита в структуре наплавленного слоя порошковой вольфрамсодержащей проволокой типа Е и повышение микротвердости мартенсита на 14 %. Исследован характер неметаллических включений в наплавленном слое. Показано, что использование вольфрамового концентрата не повышает загрязненность наплавленного металла неметаллическими включениями.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kirchgaßner M., Badisch E., Franek F. Behaviour of iron-based hardfacing alloys under abrasion and impact // *Wear Journal*. 2008. Vol. 265. P. 772 – 779.
2. Wang Q., Li X. Effects of Nb, V, and W on microstructure and abrasion resistance of Fe –

- Cr – C hardfacing alloys // *Welding*. 2010. Vol. 89. P. 133 – 139.
3. Metlitskii V.A. Flux-cored wires for arc welding and surfacing of cast iron // *Welding International*. 2008. Vol. 22. P. 796 – 800.
4. Kejžar R., Grum J. Hardfacing of Wear-Resistant Deposits by MAG Welding with a Flux-Cored Wire Having Graphite in Its Filling // *Welding International*. 2005. Vol. 20. P. 961 – 976.
5. Li R., He D.Y., Zhou Z., Wang Z.J., Song X.Y. Wear and high temperature oxidation behavior of wire arc sprayed iron based coatings // *Surface Engineering*. 2014. Vol. 30. P. 784 – 790.
6. Liu D.S., Liu R.P., Wei Y.H. Influence of tungsten on microstructure and wear resistance of iron base hardfacing alloy // *Materials Science and Technology*. 2013. Vol. 30. P. 316 – 322.
7. Lim S.C., Gupta M., Goh Y.S., Seow K.C. Wear resistant WC – Co composite hard coatings // *Surface Engineering*. 1997. Vol. 13. P. 247 – 250.
8. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения. – М.: Металлургия, 1976. – 560 с.
9. Пацекин В.П., Рахимов К.З. Производство порошковой проволоки. – М.: Металлургия, 1979. – 80 с.
10. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
11. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Металлургия, 1974. – 768 с.
12. Козырев Н.А., Шурупов В.М., Кушнаренко Н.Н., Козырева О.Е., Титов Д.А. Исследование возможности использования вольфрамсодержащих руд и их производных при наплавке стали // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2015. Т. 58. № 8. С. 567 – 571.
13. Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М., Козырева О.Е. Термодинамика реакций восстановления WO<sub>3</sub> углеродом // *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2016. № 2 (16). С. 15 – 17.
14. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Башенко Л.П. Совершенствование состава порошковых проволок системы С – Si – Mn – Cr – W – V с целью повышения качества и эксплуатационных характеристик наплавленного слоя // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2016. Т. 59. № 11. С. 806 – 813.

© 2018 г. Н.А. Козырев, Н.В. Кибко,  
В.М. Шурупов, Р.Е. Крюков,  
А.А. Уманский

Поступила 01 февраля 2018 г.

*Цымбал В.П.*

**Сибирский государственный индустриальный университет**

## **ОТ КИБЕРНЕТИКИ К СИНЕРГЕТИКЕ И НОВЫМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

### **Норберт Винер и генезис кибернетики**

Выход в свет в 1942 г. знаменитой книги Норберта Винера «Кибернетика или управление и связь в животном и машине» [1] ознаменовал собой появление новой науки. Думается, что было бы интересно и важно проследить генезис представлений, которые привели Н. Винера к созданию этой науки, тем более, что еще одна наука системного плана – синергетика, сформировавшаяся спустя три десятилетия, несомненно, является ее дальнейшим развитием. Уникальную возможность для такого анализа представляет автобиографическая книга Н. Винера «Я математик» [2], в которой удачным образом совмещены эпизоды обыденной жизни с описанием на достаточно доступном уровне своей научной карьеры, если можно назвать карьерой непрерывный напряженный труд, который лишь через много лет привел автора к мировой известности и финансовой обеспеченности. На первых порах его научная карьера складывалась непросто, хотя его и считали вундеркиндом.

Н. Винер родился в 1895 г., а уже в 1915 – 1918 годах начал свою научную карьеру в области философии математики. Как Винер пишет в упомянутой автобиографической книге, первым его учителем был знаменитый философ Бертран Рассел, который тактично заметил ему: «Чтобы заниматься философией математики, неплохо бы знать кое-что из математики». Это подтолкнуло ученого глубоко заняться математикой, которой он и посвятил всю свою жизнь.

Первые шаги в математике он сделал под руководством известного английского математика Г.Х. Харди по теории чисел. В эпилоге книги: «Я счастлив, что родился до первой мировой войны, когда силы и стремления ученого мира еще не захлестнула волна сорока лет катастроф. Я особенно счастлив, что мне не пришлось долгие годы быть одним из винтиков современной научной фабрики, делать, что приказано. Думаю, что, родись я в теперешнюю эпоху умственного феодализма, мне удалось бы достигнуть немногого». Автор также подчеркивает, что приобретением науч-

ной самостоятельности он обязан контактам с людьми, обладающими ярко выраженной индивидуальностью.

Следует также подчеркнуть, что в то время контакты между учеными еще не были приглушены режимом секретности. И действительно, приходится только удивляться, насколько широк был круг контактов между учеными разных стран несмотря на медленность транспортных коммуникаций того времени. Современниками Н. Винера были знаменитые математики и физики, заложившие основы ряда фундаментальных наук и научных направлений.

К 1930 – 35 годам Н. Винер сформировался уже как известный математик. Его работы этого времени посвящены интегралу Фурье, рядам Фурье и их применению, математическому описанию броуновского движения. Он издал несколько книг, связанных с преобразованиями Фурье и гармоническим анализом. В числе его близких коллег и знакомых были Жак Адамар, Морис Рене Фреше, Макс Борн, Нильс Бор, Дж. Холдейн и др. В дальнейшем Норберт Винер сближается с Артуро Розенблютом и Уолтером Кенноном. Эти контакты сформировали у него широкую эрудицию, определенные представления об аналогии некоторых механизмов в живой и неживой природе. В дальнейшем развитии этих представлений значительную роль сыграли его военные работы по автоматическому управлению огнем, а также проблемы быстроразвивающейся связи, где основное внимание уделялось фильтрации помех. Эти работы, а также общая статистическая теория информации, представленные в виде книги «Интерполяция, экстраполяция и сглаживание стационарных временных рядов» [3], явились важным этапом в развитии теории прогнозирования. Причем Н. Винер подчеркивает, что начало теории прогнозирования было заложено российским ученым А.Н. Колмогоровым. В дальнейшем их работы из-за режима секретности развивались параллельно.

Статья А. Розенблота, Н. Винера и Дж. Бигелоу «Поведение, целенаправленность и те-

леология» явилась важным шагом в понимании генезиса кибернетики. Речь шла о системах с обратными связями в живой природе и в искусственно созданных машинах, в том числе в ЭВМ. Вышедшая книга «Кибернетика» (написана в 1947 году в Мексике у А. Розенблюта) сделала Н. Винера знаменитым: неожиданно для самого автора книга получила большую популярность.

Своими работами Н. Винер возродил принципы универсализма времен Лейбница. Сам Н. Винер был врагом узкой специализации наук, считал наиболее интересными пограничные полосы между науками, что, в конечном итоге, и вывело его на общесистемную науку – кибернетику. Одной из важных его работ является эргодическая теория и связанная с ней теорема Винера–Хопфа, которая до сих пор играет ключевую роль в теории идентификации. Он часто возвращался к своим работам, связанным с броуновским движением, что сформировало его представления о роли случайности в сложных системах. Автору довелось также работать вместе с создателем термодинамической теории Джозайя Уиллардом Гиббсом. Н. Винер даже считал себя его последователем. В частности, эргодическая теория и теорема Винера–Хопфа, как он считал, являются дальнейшим развитием теории Дж.У. Гиббса. Занимаясь вместе с Клодом Элюдом Шенноном теорией информации, Н. Винер всегда рассматривал информацию в неразрывной связи с ее носителями, во взаимосвязи с энтропией, в том числе, с физическим понятием энтропии. Важно отметить, что, занимаясь математикой, он всегда старался найти возможные приложения математической теории. В одной из своих бесед он даже подчеркнул, что любая теория может быть опровергнута, кроме теории Дж.У. Гиббса. Здесь он имел в виду термодинамику, подчеркнув, что именно Гиббс дал завершающую математическую формулировку термодинамике. Насколько глубоко интересовали Н. Винера проблемы термодинамики, можно видеть из приведенных ниже его интересных рассуждений о знаменитой проблеме демона Максвелла.

Представим себе газ, в котором частицы движутся с распределением скоростей при данной температуре для идеального газа: это будет распределение Максвелла. Этот газ заключен в сосуд с поперечной стенкой с небольшим отверстием, которое закрывается дверцей, приводимой в движение человекоподобным демоном или миниатюрным механизмом. Этот демон, открывая и закрывая дверцу, действует таким образом, что частица, летящая

со скоростью больше средней, выпускается из сосуда *A* и запускается в сосуд *B*. В результате, спустя некоторое время, частицы с большими скоростями сосредотачиваются в отделении *B*. Это приводит к уменьшению энтропии в системе. Если соединить обе половины тепловой машиной, то должны получить вечный двигатель второго рода.

Легче всего, по выражению Винера, просто заявить, что существование таких существ невозможно. Но если с самого начала применять эту невозможность и не пытаться ее доказать, то «упустим прекрасный случай узнать кое-что об энтропии и о возможных физических, химических и биологических системах» [1].

Чтобы демон Максвелла мог действовать, он должен получать информацию от приближающихся частиц об их скорости и точке удара о стенку. Независимо от того, связаны ли эти импульсы с переносом энергии или нет, они предполагают связь между демоном и газом. Но здесь следует заметить, что закон возрастания энтропии справедлив для изолированной системы и не применим к неизолированной части такой системы. Поэтому мы должны рассматривать энтропию системы газ – демон, а не только энтропию газа. Необходимо отметить еще один, связанный с демоном компонент, входящий в общую энтропию. Демон способен действовать лишь на основании принимаемой информации, которая представляет собой, по существу, *отрицательную энтропию*. К тому же эта информация должна переноситься каким-то физическим процессом, например, какой-то формой излучения. Можно предположить, что перенос энергии частицы к демону в течение продолжительного времени имеет гораздо меньшее значение, чем перенос информации. Но по законам квантовой механики нельзя получить информацию о положении или импульсе частицы, тем более и о том, и о другом, без воздействия на энергию исследуемой частицы. Причем это воздействие должно превышать некоторый уровень, зависящий от частицы света, применяемого для исследования. Поэтому в каждом эпизоде связи между демоном и частицей обязательно участвуют энергия и система, находящиеся в статистическом равновесии: равновесие должно быть как по отношению к энтропии, так и по отношению к энергии.

*В конечном счете этот демон будет подвержен случайному (хаотическому) движению, соответствующему температуре окружающей среды. То есть он станет частью этой среды. И как очень образно заметил Винер: «Он будет получать большое число ма-*



лых впечатлений, пока в «головокружении» не потеряет способность к восприятию, то есть перестанет действовать, как задуманный Максвеллом демон».

Но до того, как демон собьется с толку, может пройти некоторое время, и эту активную фазу демона можно назвать *метастабильной*. Винер вполне допускает возможность существования метастабильных демонов. Аналогом таких демонов он считает энзимы (специфические белки – ферменты), которые, ускоряя метаболизм, уменьшают энтропию пусть не разделением быстрых и медленных частиц, а каким-то другим эквивалентным процессом. Еще одним аналогом метастабильного демона Н. Винер считает катализаторы, так как они изменяют лишь скорости реакций, но не меняют истинного равновесия и в конце концов отравляются.

Такими своеобразными рассуждениями Винер завершает вторую главу своей книги «Кибернетика», где рассматривается статистическая механика Гиббса и эргодическая теория, упрощенная идея которой заключается в тождественности пространственных и временных средних, или, если рассмотрение проводить на физическом уровне, то это тождественность множества миров и одного длительно существующего мира. А с точки зрения математической статистики – это тождественность средних, полученных по множеству реализаций и по одной достаточно длинной реализации. Фактически, эргодическая теория имеет более глубокий смысл и широкое применение. К этой теории мы обратимся в разделе об идентификации.

Рассмотрим философские взгляды Винера, в первую очередь его рассуждения о соотношении хаоса и порядка и роли энтропии в постижении этого взаимодействия, которые в определенной мере предвосхитили некоторые положения другого системного направления – синергетики, возникшего четверть века спустя.

Проблема соотношения необходимости и случайности, детерминизма и вероятности – одна из сложнейших в современном естествознании, но дело в том, какую роль отвести случайности в общем механизме Вселенной. В своем решении этой проблемы Н. Винер, естественно, учитывает обе эти категории, но отдает первенство случайности, хотя и признает известную закономерность окружающего нас мира. В его вероятностной вселенной порядок борется с хаосом, но как состояние менее вероятное неизбежно проигрывает битву [1]: «Мы плывем вверх по течению, борясь с огромным потоком дезорганизованности, ко-

торый в соответствии со вторым законом термодинамики, стремится все свести к тепловой смерти – всеобщему равновесию и одинаковости. В этом мире наша первая обязанность состоит в том, чтобы устраивать произвольные островки порядка и системы». А далее звучит довольно пессимистическая фраза [4]: «Мы в самом прямом смысле являемся терпящими кораблекрушение пассажирами на обреченной планете». К сожалению, прошедшие полвека жизни нашей планеты свидетельствуют, что Винер был прав, поскольку уровень техногенного воздействия на планете превысил возможности самовосстановления биоты. «Мы настолько изменили окружающую среду, что теперь, чтобы существовать в этой среде, мы должны изменить себя», – пожалуй, трудно сказать мудрее [1].

Но попробуем взглянуть на мир несколько оптимистичнее. Тепловая смерть мыслится Винером как асимптотическое, предельное состояние, достижимое лишь в вечности, так что *упорядочивающие флуктуации* возможны и в будущем. «В мире, где энтропия в целом стремится к возрастанию, существуют местные и временные островки уменьшающейся энтропии» [1]. Механизм их возникновения состоит в естественном отборе устойчивых форм. Здесь физика непосредственно переходит в кибернетику и синергетику. Стремясь, в конечном счете, к наиболее вероятному состоянию, стохастическая вселенная не знает единственного предопределенного пути, и это позволяет порядку бороться до времени с хаосом. Человек воздействует в свою пользу на ход событий, гася энтропию извлеченной из окружающей среды *отрицательной энтропией – информацией*.

Идея использования информации как отрицательной энтропии занимает значительное место в философии Винера. Дело в том, что человечество использует для своей деятельности пока только самый грубый физический уровень преобразования сырья в какие-то необходимые ему продукты. И чтобы мы не попытались сделать, например, нагреть металл дляковки или прокатки, осуществить химические реакции окисления или восстановления, построить красивый дом, при этом мы обязательно увеличиваем энтропию окружающей среды. Вся же иерархия растительного и животного мира живет в равновесии с природой и в режиме саморегулирования, даже с учетом негативного влияния человека. Человечество, забирая продукты природы для своей деятельности, возвращает обратно только вредные выбросы и миллионы тонн бытового мусора, масса кото-

рого уже сравнялась с массой животного мира на планете. Содержание парниковых газов и температура атмосферы растут, в атмосфере нарастают неравновесные кризисные явления, например, торнадо.

Безудержный рост энтропии может скомпенсировать, как считает Винер, только «мыслящая материя», то есть разум. Вторую половину прошлого столетия называли периодом информационных технологий. Появилась надежда, что с помощью наукоемких информационных технологий удастся уменьшить рост энтропии на планете. Какие-то островки высокотехнологичного производства с экономической энтропией даже появились на планете. Это Япония, Южная Корея, Сингапур. Здесь преобладают, главным образом, технологии с высокой добавленной стоимостью, то есть связанные преимущественно с «мозговой» деятельностью. Однако в целом на планете большого прорыва в этом направлении не произошло, тем более, если учесть, что достижение наукоемких технологий в этих странах получено за счет использования сырья и комплектующих, произведенных в менее развитых странах, где и выброшена в окружающую среду основная часть энтропии.

*Таким образом, малозатратные по энергии и энтропии технологии удалось создать только на отдельных островках.*

Что же касается самой отрасли, которая называется информационные технологии, то в ней, по соседству, произошло вырождение самого в себя: информация – ради информации. Количество мощных серверов и мировая паутина непомерно растут и уже в настоящее время четверть энергии в мире тратится на поддержание функционирования вычислительных машин. При этом в основных производящих отраслях принципиальных изменений не произошло. Чем же можно объяснить создавшуюся ситуацию? Винер, а вслед за ним и ведущие ученые, занимающиеся синергетикой, объясняют это «кризисом мозгов», поскольку сами вычислительные машины произвести что-то принципиально новое, естественно, не могут.

Вторым негативным моментом является пагубная для планеты тенденция рыночной экономики, направленная на всемерное раскручивание потребностей и спроса. Как отмечает профессор С.П. Курдюмов, внесший большой вклад в распространение идей синергетики в России, использовать в полной мере возможности, заложенные в каждом новом поколении ЭВМ, может один человек из тысячи, а остальные 999 оплачивают его «удоволь-

ствии». На рынок информационных технологий выбрасывается огромное количество программных продуктов – «тараканов Билла Гейтса», на освоение которых затрачивается большое количество времени и усилий «системных» программистов, в то время как «проблемных» программистов, способных проникнуть во внутреннюю сущность объекта и поставить серьезную наукоемкую задачу, становится все меньше. Это усугубляется также плохой школьной подготовкой (химия и физика стали не обязательными предметами) и, в том числе, пресловутым ЕГЭ, благодаря которому творческая составляющая в школьном образовании (а следом и в вузовском) практически исчезла.

Подводя итог рассмотрению основных идей кибернетики, следует подчеркнуть, что в этой науке на основе аналогии между живой и неживой природой сформулирован принцип управления по обратной связи, разработаны основы теории информации, фильтрации и прогнозирования. Большое внимание уделено статистической теории Гиббса и термодинамике, в том числе философии соотношения порядка и хаоса, что уже явно перекликается с проблемами синергетики. Но, к сожалению, следует отметить, что замечательную мысль Винера о роли мыслящей материи в снижении энтропии пока реализовать не удалось, несмотря на всю мощь информационных технологий ее осуществление уперлось в «кризис мозгов», а также в пагубную тенденцию мировой экономики, направленную на искусственное раскручивание потребностей. Попробуем проанализировать, насколько удастся преодолеть эти негативные тенденции с помощью другой системной науки – синергетики, которая явилась в какой-то мере приемницей кибернетики.

### **Синергетика – теория самоорганизации**

В литературе эти термины используются часто как синонимы. Далее будем употреблять их в таком же смысле, но надеемся, что читатель по мере более глубокого изучения настоящей работы поймет, что второй термин охватывает более широкую область применения.

Основным объектом изучения в этой науке являются **диссипативные структуры** – динамические структуры, которые могут существовать только в условиях интенсивного обмена с окружающей средой. То есть они «живут» за счет потоков вещества и энергии (информации), извлекаемых из окружающей среды.

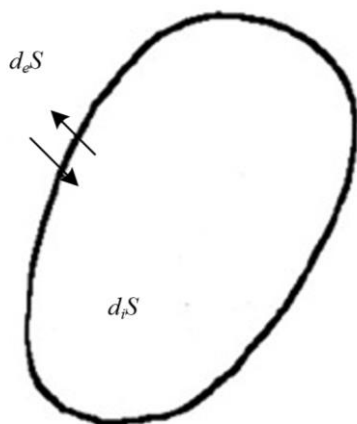


Рис. 1. Схема для формулировки второго закона термодинамики

Таким образом, *открытая система – это первое условие возможности самоорганизации*. В изолированной системе возможна деградация, стремление к равновесию, поскольку энтропия стремится к максимуму.

Илья Пригожин дал расширенную формулировку второго закона термодинамики в следующем виде [5]:

$$dS = d_i S + d_e S, \quad (1)$$

где  $d_i S$  – производство энтропии внутри системы;  $d_e S$  – поток энтропии за счет обмена энергией или веществом (рис. 1).

Для изолированной системы  $d_e S = 0$ . Тогда  $dS = d_i S \geq 0$  – есть второй закон термодинамики в его классической постановке, когда энтропия не может понижаться.

Эволюция же представляется как такой процесс, в котором система достигает состояния с более низкой энтропией по сравнению с начальной:

$$\Delta S = \int_{\text{по пути}} dS < 0. \quad (2)$$

Это состояние очень маловероятно с позиций равновесной термодинамики, однако оно может устойчиво существовать при условии достижения системой неравновесного стационарного состояния, в котором  $dS = 0$  или  $d_e S = -d_i S < 0$ . Отсюда можно сделать вывод: если в систему поступает достаточно большой отрицательный поток энтропии, в ней в принципе может поддерживаться некоторая упорядоченная конфигурация. При этом подпитка должна происходить в неравновесных условиях, иначе  $d_i S$  и  $d_e S$  обращаются в нуль.

Таким образом, как следует из соотношения (2), на определенном этапе эволюции системы и при определенных условиях возможен переход системы на новое более высокое (более совершенное) структурное состояние. Это условие можно рассматривать лишь как *необходимое, но недостаточное*; вскрытие механизма самоорганизации в каждом конкретном условиях является достаточно сложной задачей.

Философско-методологические основы самоорганизации изложены в очень своеобразно и интересно написанной книге Ильи Пригожина и Изабеллы Стенгерс «Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой» [6].

Илья Романович Пригожин родился 25 января 1917 года в Москве, но из-за расхождения с ленинскими идеями его отец вместе с семьей вскоре иммигрировал во Францию. Большую часть жизни, начиная с десятилетнего возраста, И.Р. Пригожин прожил в Бельгии, где возглавлял группу ученых, занимающихся развитием и применением его идей, относящихся к разным областям деятельности, как, например, изучение коллективного поведения муравьев, химических реакций в системах с диффузией, диссипативных процессов в квантовой теории поля. Ежегодно он проводил несколько месяцев в руководимом им Центре по статистической механике и термодинамике при Техасском университете (г. Остин).

Как пишет в очень объемном предисловии к книге «Порядок из хаоса» известный американский философ Олвин Тоффлер, эта книга примечательна во многих отношениях: она будоражит воображение читателя, изобилует блестящими прозрениями и догадками, подрывающими уверенность в состоятельности наших основополагающих представлений и открывающими новые пути к их осмыслению. Подчеркивается, что не случайно в дополнение к заголовку книги «Порядок из хаоса» стоят слова «новый диалог человека с природой»; О. Тоффлер выделяет мысль о том, что мир изменяется по мере нашего понимания.

Как отмечают авторы обширного аналитического послесловия к этой книге, раскрытие понятия самоорганизации носит существенно личный диалоговый способ мышления. В этом диалоге нет готовых ответов на задаваемые вопросы, как нет и окончательного перечня самих вопросов.

Переоткрытие времени [6] в современной физике, низведенного в классической механике до роли вспомогательного параметра, «нумерующего» последовательность событий, – это главная тема книги, которая далее развива-

ется в последовательной вариации: структура и направленность времени; возникновение и развитие необратимости в различных явлениях природы; роль необходимости в процессах самоорганизации; роль наблюдателя не только фиксирующего, но и активно изменяющего ход явлений на микроскопическом уровне.

Основным стержнем, вокруг которого развиваются рассуждения авторов книги [6], является второе начало термодинамики: «Два потомка теории теплоты по прямой линии – наука о превращении энергии из одной формы в другую и теория тепловых машин – совместными усилиями привели к созданию первой «неклассической» науки термодинамики». И далее, как бы вторя Н. Винеру [2], подчеркивается [6]: «Ни один из вкладов в сокровищницу науки внесенных термодинамикой не может сравниться по новизне со знаменитым вторым началом термодинамики, с появлением которого в физику впервые вошла «стрела времени». На протяжении всей книги происходит как бы заочное общение с создателями второго начала термодинамики (Сади Карно, Карлом Клузиусом, Джозайя Гиббсом, Людвигом Больцманом и др.) и попытка проникнуть в более глубокий смысл их рассуждений. Этот интересный подход позволяет глубже понять, как развивалась эта теория, начиная от равновесной термодинамики до идей самоорганизации.

Особое внимание при этом уделено идеям Л. Больцмана, который не только сформулировал свой знаменитый «принцип порядка Больцмана», но и сделал попытку описания внутреннего механизма сложной эволюционирующей системы, состоящей из огромного числа частиц, предвосхитив подходы, использованные позже при создании кинетической теории. Больцман предпринял попытку использовать теорию вероятности для описания сложных явлений, с которыми столкнулась термодинамика. Он первым понял, что необратимое возрастание энтропии можно рассматривать как проявление все увеличивающегося молекулярного хаоса, постепенного забывания начальной асимметрии (начальных условий). Он отождествил энтропию  $S$  с числом комплексов, которым может быть достигнуто каждое из макроскопических состояний, и в результате получил количественное выражение для своего знаменитого принципа в следующем виде:

$$S = k_b \ln P, \quad (3)$$

где  $k_b$  – коэффициент пропорциональности, получивший название «универсальной постоянной Больцмана».

Как выяснилось в дальнейшем, эта постоянная оказалась равной энергии одной молекулы – как результат деления газовой постоянной  $R$  на число Авагадро.

Из принципа Больцмана следует, что необратимое термодинамическое изменение есть приближение к более вероятному состоянию и что состояние – *аттрактор* есть макроскопическое состояние, соответствующее максимуму энтропии. Как только такое наиболее вероятное состояние достигнуто, система отклоняется от него лишь на небольшое расстояние и на короткое время, то есть система лишь *флуктуирует* около состояния – *аттрактора*.

Объяснение Больцмана допускает обобщение и на открытые системы. В замкнутой системе температура  $T$  поддерживается постоянной за счет теплообмена с окружающей средой, равновесие соответствует минимуму свободной энергии:  $F = E - TS$ .

Это соотношение означает, что равновесие есть результат конкуренции между внутренней энергией и энтропией, а температура выступает в роли множителя, определяющего относительный вес этих двух факторов.

При низких температурах перевес на стороне внутренней энергии (упорядоченные с малой энтропией, низкоэнергетические структуры – кристаллы). Кинетическая энергия мала по сравнению с потенциальной (взаимодействие между молекулами).

При высоких температурах доминирует энтропия и в системе устанавливается молекулярный хаос.

Экстремумы (то есть максимумы и минимумы) термодинамических потенциалов, в том числе  $S$  и  $F$ , задают состояния – *аттракторы*, к которым самопроизвольно стремится система, если ее граничные условия соответствуют определениям потенциалов.

Больцман не ограничился описанием только состояния равновесия. Он вознамерился описать также эволюцию к равновесию, эволюцию к максвелловскому распределению, которое связывает повышение температуры с увеличением средней скорости молекул и энергии, связанной с движением молекул. Он решил описать молекулярный механизм, соответствующий возрастанию энтропии и вынуждающий систему стремиться к переходу от произвольного распределения скоростей к равновесному. Он подошел к решению этой проблемы не на уровне индивидуальных скоростей, а на уровне ансамбля молекул. Являясь приверженцем Дарвина, он решил повторить в физике подход, аналогичный тому, который Дарвин использовал в биологии.

Эволюцию функции распределения  $f(v, t)$  скоростей  $v$  в некоторой области пространства в момент времени  $t$ . Больцман представил в виде суммы двух эффектов: число частиц, имеющих в момент времени  $t$  скорость  $v$ , изменяется в результате как свободного движения частиц, так и столкновений между ними. Тем самым автор предвосхитил метод химической кинетики. При этом он понимал, что при столкновении молекул энтропия увеличивается. Как отмечают авторы работы [6], Л. Больцман на 30 лет раньше (в 1872 году) получил результаты, аналогичные теории цепей Маркова. Он получил так называемую  $H$  функцию, которая применительно к вероятности распределения частиц выглядит следующим образом:

$$H = \sum_k P(k, t) \ln \frac{P(k, t)}{P_{\text{равн}}(k)}; \quad (4)$$

здесь  $P(k, t)$  – вероятность попадания частицы в область  $k$  в момент времени  $t$ ;  $P(k)$  – вероятность попадания частицы в область  $k$  в равновесных условиях.

Применительно к вероятности распределения скоростей функция  $H$  выглядит следующим образом:

$$H = \int f \ln f dv. \quad (5)$$

Эта функция может только убывать со временем до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие и распределение скоростей не перейдет в распределение Максвелла. Эта функция играет роль энтропии, но она не возрастает, а убывает. Уравнение Больцмана и поныне играет важную роль в физике газов: позволяет вычислять коэффициенты переноса (например, коэффициента теплопроводности и диффузии), находится в хорошем соответствии с экспериментальными данными.

Но особенно велико значение достижений Больцмана, как отмечают авторы книги [6], с концептуальной точки зрения: «Различие между обратимыми и необратимыми процессами, лежащими, как мы видели, в основе второго начала термодинамики, Больцман низвел с макроскопического на микроскопический уровень. Изменение распределения скоростей свободного движения молекул соответствует обратимой части, а вклад, вносимый в изменение распределения столкновениями, – необратимой части». Именно в этом и был, с точки зрения Больцмана, ключ к микроскопической интерпретации энтропии. Однако оказалось, что в этой замечательной теории была обна-

ружена неполнота. Анри Пуанкаре, а затем Иоганн Йозеф Лошмидт [6] показали, что обращение скоростей в его модели не инвариантно во времени. Дело в том, что восстановить свое прошлое система, например, газ, может лишь в том случае, если он «помнит» все, что с ним происходило в интервале времени от  $t = 0$  до  $t = t_0$ . Для этого необходимо какое-то хранилище информации. В роли такого хранилища или памяти выступают корреляции между частицами. Именно *отношения между корреляциями и столкновениями* были недостающим звеном в рассуждениях Л. Больцмана.

Применимость статистического подхода Больцмана зависит от предположения о том, что перед столкновением молекулы ведут себя независимо друг от друга. В сильно разреженном газе, который изучал Больцман, *вероятность корреляций невелика*, в плотном же газе эта *вероятность становится очень существенной*, в том числе в связи с *усилением флуктуаций*, нарушающих статистическое распределение. «Именно из-за трудностей, возникающих при рассмотрении плотных систем с взаимодействующими частицами, пионерская теория Больцмана осталась незавершенной [6]».

Таким образом, эта заочная полемика Больцмана с авторами этой интересно написанной книги помогла нам, а хочется надеяться, и читателям, глубже понять механизм второго начала термодинамики, а также проследить генезис представлений авторов, которые, отталкиваясь от этого фундаментального понятия, пришли к пониманию проблем самоорганизации.

При рассмотрении генезиса кибернетики мы касались, главным образом, термодинамики закрытых систем и роли обратной связи. В какой-то мере коснулись соотношения хаоса и порядка, а также возможности образования «островков порядка» в хаотическом мире. Нелишне также напомнить интересную мысль Норберта Винера о роли мыслящей материи для компенсации роста энтропии.

В рассмотренной же книге Пригожина и Стенгерс, как в наиболее фундаментальном труде этой школы [5], дано расширенное толкование второго закона термодинамики применительно к открытым неравновесным системам, выделена роль динамических диссипативных структур, энтропии как «стрелы времени» и принципа отбора вариаций в сочетании со случайностью, отношений необходимости и случайности. Важную роль в механизме спонтанного образования новой, более высокоорганизованной структуры играют корреля-

ции флуктуаций, роль которых возрастает с увеличением степени неравновесности, приводя к возможности бифуркаций и критического поведения. Эти вопросы подробно рассмотрены в двух упомянутых выше, а также в других работах этой научной школы.

Чтобы не нарушать основную нить рассуждений, мы не коснулись здесь работ Германа Хакена [7], который также по праву считается основателем этого научного направления, а также работ российских ученых и прежде всего С.П. Курдюмова и Г.П. Малинецкого [8], внесших большой вклад в популяризацию идей самоорганизации в России, Ю.Л. Климонтовича [9] – автора *S*-теоремы, и других. Эти работы заслуживают отдельного рассмотрения. Следует, однако, отметить, что несмотря на большое число работ, посвященных синергетике и теории самоорганизации, примеров конкретной реализации этих подходов и принципов в технике и технологиях пока мало.

Настоящий обзор хочется завершить кратким описанием нового струйно-эмульсионного металлургического процесса, при разработке которого впервые в мировой металлургии предпринята попытка применить некоторые идеи и принципы самоорганизации.

### Самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор СЭР

Использование описанных выше подходов и принципов позволило создать агрегат с очень малым удельным объемом и энергоемкостью [10, 11].

На рис. 2 приведена технологическая схема для описания устройства и принципа действия.

Основу технологической схемы мини-модуля составляют система подачи шихты 1 – 5, реактор-осциллятор 6, соединительный канал с газодинамическим самозапираем 7, рафинирующий отстойник 8, одновременно играющий роль первой ступени мокрой газоочистки, копильник 9, а также система гарнисажного охлаждения 10, канал 11 для выдачи газошлаковой эмульсии и канал 12 для перетока части газа, шлакоприемник 13 с гранулятором 14, система утилизации тепла в кипящем слое или реформации дымовых газов в синтез-газ 17 и газоочистка 18.

Созданный в реакторе-осцилляторе 6 высокий потенциал давления за счет эффекта газодинамического запирания канала 7, а также полная изоляция процесса от атмосферы позволяют проталкивать продукты реакции через все находящиеся за основным технологическим агрегатом устройства утилизации энергии без использования высокотемпературных побудителей расхода.

Пылевидная шихта, состоящая из смеси оксидов металлов и твердых восстановителей, эффективно диспергируется в реакционной камере 6, где создается газовзвесь с объемной долей газа порядка 0,99. Вследствие зависимости скорости истечения двухфазной среды от газосодержания (рис. 3), в соединительном канале 7 образуется аэродинамически запираемый затвор (торможение струи), а в сочетании с обратной связью по газосодержанию (за счет изменения условий протекания химических реакций, а также условий подачи в реактор шихты и кислорода) имеется возможность создавать стационарный

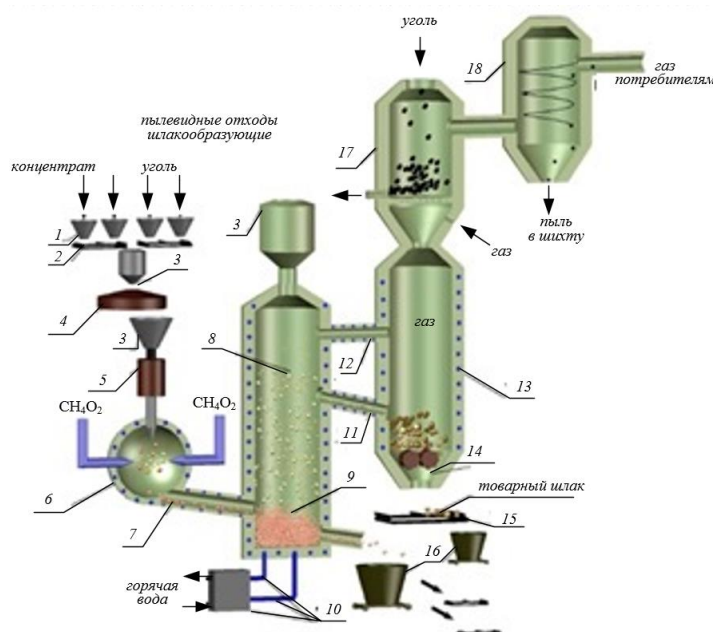


Рис. 2. Технологическая схема

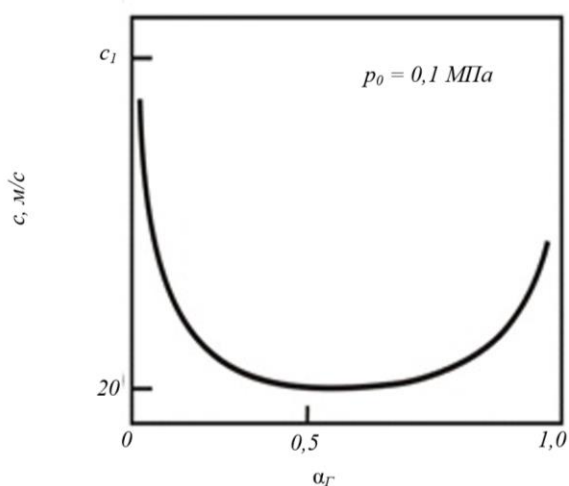


Рис. 3. Зависимость скорости звука мини-модуля СЭР от газосодержания

колебательный режим (*самоорганизующийся реактор-осциллятор*).

В основу конструктивной реализации рассматриваемого ниже процесса и агрегата [10, 11] были заложены следующие принципы и решения:

- организация вынужденного движения рабочей (реакционной) смеси в замкнутой системе под давлением, что позволяет создавать *значительное отклонение от термодинамического равновесия* и одновременно решать задачу внутреннего транспорта продуктов реакции через все последовательно соединенные аппараты;

- создание большой реакционной поверхности и двухфазной рабочей смеси (газовзвеси или эмульсии), то есть перевод процесса в область газодинамики, что позволяет получить большие скорости физико-химических процессов;

- использование нелинейной зависимости скорости течения двухфазной среды от газосодержания для создания потенциала давления за счет эффекта газодинамического запирания соединительного канала (самостабилизация);

- создание пространственно-локализованных диссипативных структур, существенно отклоненных от термодинамического равновесия, что позволяет получить большие возможности по управлению химическим составом металла и шлака.

Кратко рассмотрим (рис. 4) эти диссипативные структуры [10] со ссылкой на представленную зонную модель: 1 – ядро уплотнения; 2 – реактор-осциллятор; 3 – соединительный канал; 4 – динамическая подушка; 5 – относительно плотная газшлаковая эмульсия; 6, 7 – диссипативный гравитационный сепаратор; 8 – слой жидкого металла.

Остановимся коротко на одной из важных диссипативных структур – гравитационном сепараторе металла, шлака и газа.

Использование в качестве рафинирующего отстойника вертикального колонного реактора 8 (рис. 2) с нижней подачей через канал 7 реакционной газовзвеси в сочетании с существенным отклонением процессов от термодинамического равновесия является важнейшим фактором, который обуславливает возможность гравитационного разделения потока железоуглеродистого металла, стекающего по периферии колонного реактора и оседающего в копильнике 9, и потока обедненного железом шлака, отводимого по наклонному каналу 11 в шлакоприемник 13.

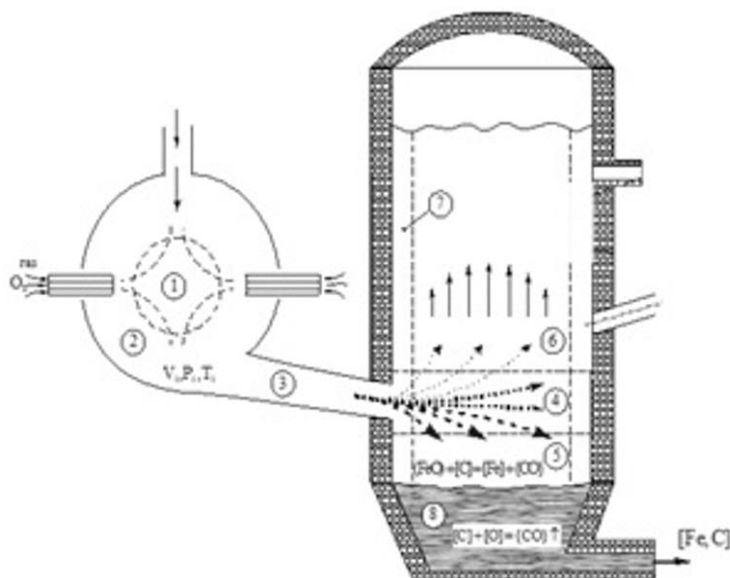


Рис. 4. Зонная модель и диссипативные структуры

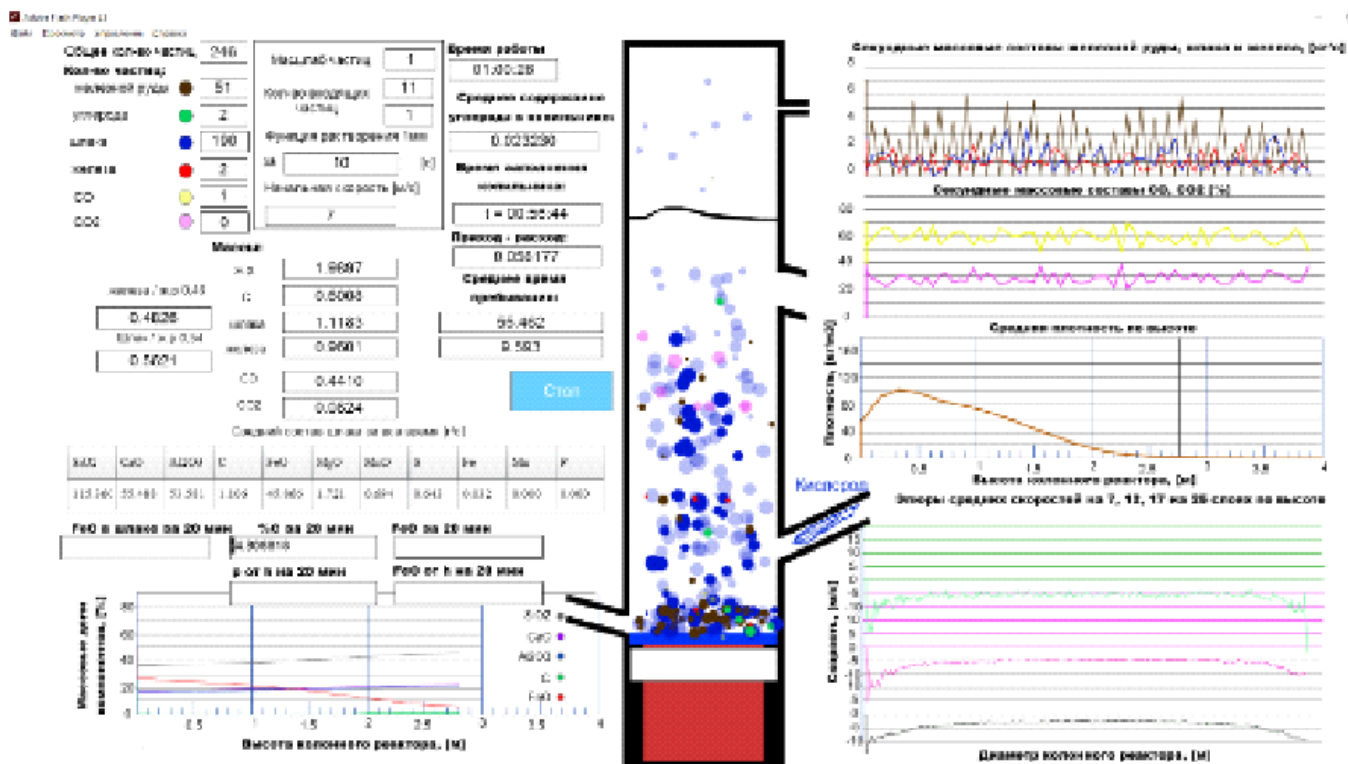


Рис. 5. Интерфейс имитационной модели гравитационного сепаратора

Учитывая важную роль отмеченной диссипативной структуры, связывающей все остальные зоны и обуславливающей круговорот веществ в агрегате, для ее воспроизведения и изучения создана имитационная модель [12], в которой в качестве «первых принципов» – элементов нижнего уровня иерархии выступают дисперсные частицы шихты с реально заданным гранулометрическим распределением. Вид графического интерфейса программы представлен на рис. 5.

Ядром этой модели является задача обтекания единичной частицы вертикальным потоком несущего реакционного газа. С помощью специально созданного алгоритма и программы на ЭВМ с использованием метода Монте-Карло проигрывается большое число упругих и неупругих столкновений частиц шихтовых материалов и продуктов реакций с учетом протекающих процессов. Разработанная модель, тестируемая на основе результатов большого числа компьютерных статистических испытаний по совпадению с законами сохранения, оказалась достаточно адекватной «виртуальной реальностью» изучаемого процесса. Она позволяет вскрывать внутренний механизм сложных взаимодействий, протекающих в колонном реакторе: оценивать время пребывания в агрегате исходных веществ и продуктов реакций, в том числе металла и шлака, распределение плотности взвешенных дисперсных ма-

териалов по высоте агрегата, влияние на ход процесса различных управляющих воздействий, в том числе гранулометрического состава металла, соотношения количества рудных материалов и топлива-восстановителя и др. Являясь заместителем объекта, эта модель позволяет численным методом решать задачи системной динамики, проигрывать и разрабатывать проектируемые технологии. Эта модель заслуживает отдельного более подробного рассмотрения [12].

Опыт разработки этой модели открывает возможность создания имитационных моделей процессов, рассмотренных в представленном выше обзоре, в том числе метастабильного демона Максвелла (по представлению Н. Винера), молекулярной кинетики, броуновского движения, корреляции флуктуаций и др. Численные эксперименты на таких моделях позволят глубже понять внутренний механизм термодинамики и самоорганизации, будут иметь важное учебное значение, а также явятся своеобразными «кирпичиками» нижнего уровня для создания макрокинетических моделей новых технологических процессов, особенно, если учесть, что в неравновесной термодинамике (в отличие от равновесной) аналитическое описание связи между термодинамикой и кинетикой отсутствует. Ограничением для создания таких имитационных моделей может быть только быстроедействие ЭВМ (для реше-



ния этих задач оно должно быть достаточно высоким), квалификация и интерес исследователей. При наличии таких моделей проектирование новых технологических процессов может осуществляться на «кончике карандаша» (как у физиков), за пультом ЭВМ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – 2-е издание. – М.: Советское радио, 1968. – 326 с.
2. Винер Н. Я математик. – М.: Наука, 1967. – 355 с.
3. Wiener N. Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications. – The Technology Press of M.I.T., and J. Wiley & Sons. – New York, 1949.
4. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 196 с.
5. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / Пер. с англ.; общ. ред. В.И. Аршинов, Ю.Л. Климонтович, Ю.В. Сачков. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
7. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 406 с.
8. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика – наука о самоорганизации. – М.: Знание, 1983. – 48 с.
9. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса. Новый подход к статистической теории открытия систем. – М.: Наука, 1990. – 320 с.
10. Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор / В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, И.А. Рыбенко и др. // Под ред. В.П. Цымбала. – М.: Металлургиздат, 2014. – 488 с.
11. Tsymbal V.P., Mochalov S.P., Shakirov K.M. Controlling the Composition of the Metal in the Direct Reduction of Dust-Sized Materials and Waste Products in a Jet-Emulsion Reactor // Springer Journals. 2015. Vol. 59. P. 119 – 125.
12. Сеченов П.А., Цымбал В.П. Имитационное моделирование гравитационного сепаратора в колонном струйно-эмульсионном реакторе // Изв. вуз. Черная металлургия. 2016. Т. 59. № 4. С. 278 – 283.

© 2018 г. В.П. Цымбал  
Поступила 16 февраля 2018 г.

*Н.А. Королёв, М.К. Венгер, И.А. Королёв, А.А. Возная*

**Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ РУД**

В последнее время в России и мире стремительно сокращаются запасы богатых, легко-обогатимых руд и нерудных полезных ископаемых. Вместе с тем резко возросли требования экологических нормативов к процессам добычи и обогащения, а также ужесточились ограничения по качеству сырья и продуктов обогащения. В этой связи перед инженерами и учеными возникают задачи по разработке и совершенствованию технологий разделения минералов и извлечения отдельных элементов из труднообогатимых, бедных и упорных руд, а также из техногенного сырья.

Выдающийся советский ученый-обогачитель И.Н. Плаксин высказывался о важности минералогических знаний о составе полезного ископаемого для совершенствования процессов обогащения и переработки руд и выделял *обогачительную минералогия* как особую отрасль геологической науки, позволяющую установить взаимосвязь между показателями сепарации и технологическими свойствами минералов [1]. На сегодняшний день эта область знаний более широко известна под названием *«технологическая минералогия»* (англ. *process mineralogy*).

Предмет исследования технологической минералогии – руда как совокупность минералов, углубленное изучение свойств которых позволяет совершенствовать процессы их разделения различными методами, комплексно использовать минеральное сырье и решать экологические проблемы при добыче и переработке.

Основные направления исследований в технологической минералогии включают [2]:

- изучение минерального и химического составов руд с целью установления минералов и отдельных элементов, подлежащих извлечению;
- изучение характера срастания и вкрапленности минералов для определения рациональных методов измельчения с целью наиболее полного раскрытия сростков;

- изучение форм вхождения ценных элементов в отдельные минералы и установление оптимальных методов их извлечения;
- минералого-технологическое картирование с выделением различных типов руд и минерального сырья;
- минералогическое и геохимическое изучение отвальных продуктов и создание ресурсосберегающей технологии их утилизации;
- определение опасных с экологической точки зрения минералов и элементов, разработка решений по предотвращению или снижению экологического риска.

Полная информация о составе руды может быть получена в результате вещественного анализа рудных и породообразующих минералов. Такая информация чрезвычайно важна для обоснования оптимальных схем извлечения полезных компонентов, а также для повышения комплексности использования руд. Технологическая минералогия использует методы геохимии, кристаллографии, петрографии, физики и химии твердого тела и других наук. Современные физические и химические методы анализа обеспечивают точную диагностику основных минеральных компонентов и элементов руд.

Минералогические исследования начинаются на стадии геологоразведочных работ с макроскопического описания осмотра невооруженным глазом образцов руды (рис. 1). При этом определяются породообразующие и рудные минералы, а также устанавливаются главные и второстепенные (подчиненные) минеральные компоненты.

Такой метод не позволяет выполнять достоверную количественную оценку минерального состава руды. Несмотря на это, он уже дает возможность специалистам-обогащителям предположить потенциальные способы переработки сырья, основываясь лишь на генетической классификации минералов.

Более подробное изучение минерального состава осуществляется с помощью методов оптической микроскопии в отраженном (для



Рис. 1. Образец медно-кобальтовой руды месторождения Луисвиши, Конго. Главные минералы: породообразующий – доломит (1); рудные – малахит (2), гетерогенит (3)

большинства рудных минералов) или проходящем свете (для породообразующих минералов). Микроскопические методы анализа прежде всего позволяют установить размеры вкрапленности рудных зерен и специфические черты контактирования рудных и породообразующих минералов (рис. 2).

Значительная часть ценных компонентов в руде представлена в виде сростков, поэтому изучение особенностей взаимного прорастания зерен в минеральных агрегатах и их текстуры особенно важно для выбора наиболее эффективного метода дезинтеграции и определения степени измельчения материала. Исследования минеральных агрегатов и раскрытых фаз во всех циклах переработки дают глубокую информацию о технологических свойствах руд и работе оборудования, позволяют планировать, направлять и усовершенствовать процесс рудоподготовки и переработки [3].

Количественный минералогический анализ с помощью традиционных микроскопических ме-

тодов рационально применять при диагностике минералов с содержанием выше 0,1 %, поскольку ниже этого порога его возможности резко снижаются. При диагностике минералов во многих случаях целесообразно сочетание оптико-минералогических методов с физическими методами электронной микроскопии, инфракрасной и радиоспектроскопии, рентгенофазового, электронно-зондового анализов и др.

Наименьший размер зерен, при котором возможно эффективное использование световой микроскопии, ограничен несколькими микронами. Также известно, что некоторые ценные компоненты, такие как золото и серебро, могут быть представлены в рудах включениями, размер которых не превышает долей микрон [4]. Для достоверной идентификации подобных включений используется метод сканирующей электронной микроскопии. В отличие от оптической микроскопии в этом методе для получения изображения используется не световой поток, а пучок электронов. Часть по-

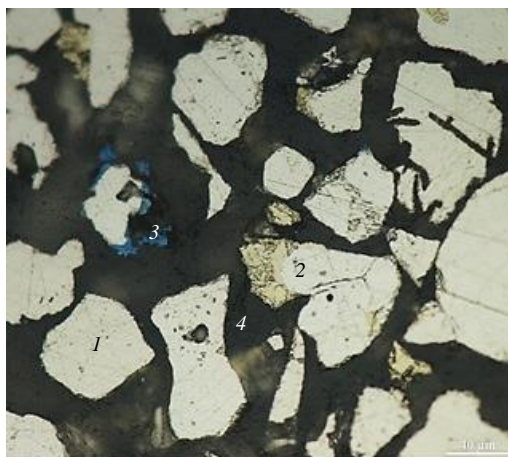


Рис. 2. Микрофотография пробы измельченной золотосодержащей медно-пиритной руды месторождения Асарел, Болгария (отраженный свет, николи параллельны): 1 – пирит, 2 – халькопирит, 3 – ковеллин, 4 – борнит

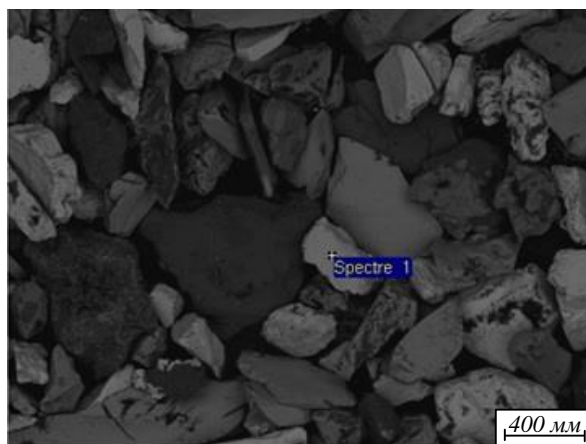


Рис. 3. Электронная микрофотография отходов обогащения пиритной руды месторождения Шизэй, Франция

тока электронов, отраженная поверхностью минерала, фиксируется датчиками, и затем на экране компьютера формируется черно-белое изображение (рис. 3).

Несмотря на возможность получения изображений с большим увеличением, практическое использование электронных микрофотографий для диагностики минеральных фаз весьма ограничено. Для решения этой проблемы современные электронные микроскопы дополнительно оснащаются сенсорами для рентгеноспектрального анализа. Принцип действия таких датчиков заключается в регистрации рентгеновского излучения, испускаемого поверхностью минерала при бомбардировке его электронами.

Отличием рентгеноспектрального анализа является возможность определения одновременно качественного и количественного элементного составов исследуемого образца. Эта особенность метода связана с тем фактом, что спектр рентгеновского излучения индивидуален для каждого химического элемента, а интенсивность спектральных линий характеризуется концентрацией элемента в образце.

Австралийскими учеными [5, 6] разработан аппаратно-программный комплекс QEMSCAN, представляющий собой сканирующий электронный микроскоп, оснащенный энергодисперсионными рентгеновскими спектрометрами и специальным программным обеспечением, что позволяет автоматизировать процесс анализа минерального состава руд. Комплекс QEMSCAN обеспечивает быстрое определение и количественный анализ минерального и химического составов, размера зерен и их морфологии для различных типов проб (рис. 4). Формат выводимых результатов предоставляет широчайшие возможности создания различных отчетов, например: по минеральному составу, по морфологии, минеральным ассоциациям, степени раскрытия полезных минералов [7].

Методы автоматизированного минералогического анализа (MLA, QEMSCAN, RoqScan и др.) могут служить инструментом диагностики проблем, связанных с низкими технологическими показателями обогатительного передела, а также выступать средством оптимизации процессов переработки руд изменчивого состава. Получаемая информация о минеральных

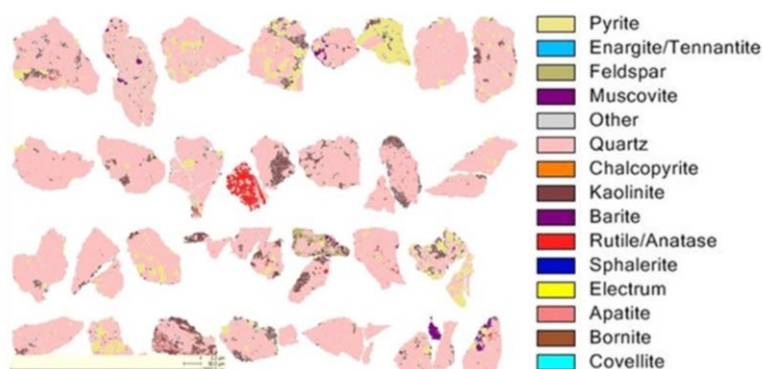


Рис. 4. Результат автоматического минералогического анализа отходов флотации медно-порфировой руды месторождения Челопеч, Болгария

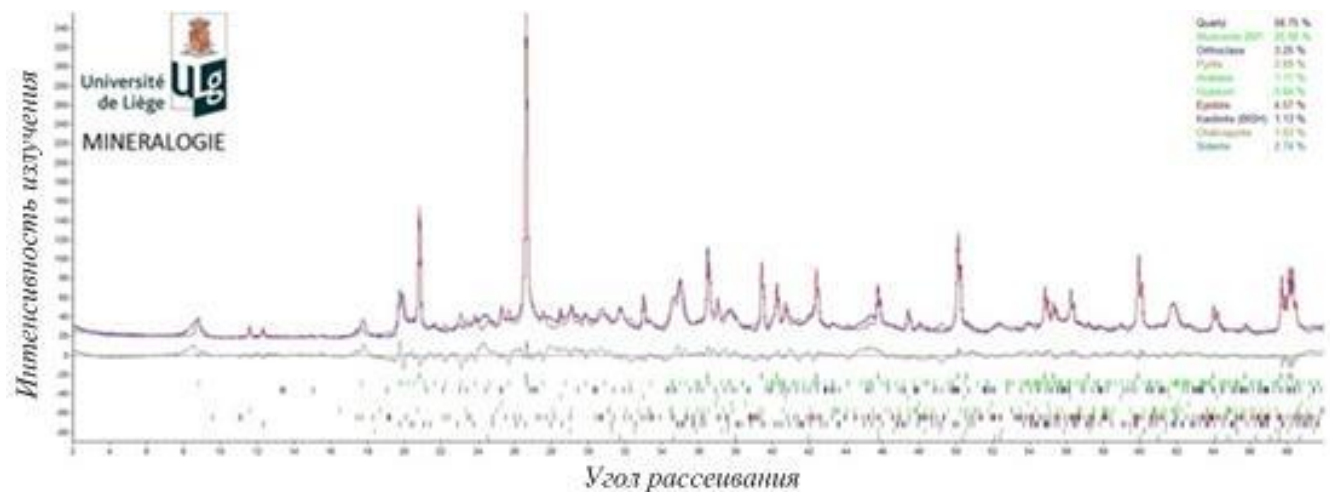


Рис. 5. Пример дифрактограммы, полученной при анализе образца медной руды месторождения Чертеж, Румыния

ассоциациях, степени раскрытия сростков и их текстурных особенностях позволяет инженерам-обогащителям адаптировать процесс переработки конкретного типа руды. Таким образом, достигается максимальная селективность измельчения и флотации, идентифицируются проблемные фракции руды и нежелательные минеральные компоненты, уменьшается нагрузка на окружающую среду за счет рационального использования воды в цикле, снижаются экономические риски путем управления качеством продукции [8].

Несмотря на значительные преимущества автоматизированных минералогических систем, весомым недостатком является невозможность различить химически сходные минералы, отличающиеся строением кристаллической решетки (например, теннантит и энаргит, диккит и каолинит, гипс и ангидрит). Вместе с тем расхождение в кристаллохимии минералов может влиять на их технологические свойства. Для качественного установления кристаллической структуры вещества существует метод рентгеноструктурного анализа, основанный на явлении дифракции рентгеновских лучей. Результат исследования представляется в виде дифрактограммы – графика зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеивания (рис. 5).

Для получения корректных количественных результатов методом рентгеноструктурного анализа содержание минерального компонента должно быть не менее 0,5 – 1,0 %, в противном случае оценка может быть недостоверной. Поэтому этот метод особенно полезен и информативен при описании породообразующих минералов [3].

Важность изучения рудных минералов для обогащителей несомненна. Однако вмещающие породы также должны подвергаться всесто-

ронному минералого-химическому анализу, поскольку они часто являются носителями сопутствующих элементов – как ценных, так и вредных примесей. Кроме установления форм вхождения элементов-спутников и их количественного участия, существует проблема установления корреляции между основными минералами и сопутствующими элементами и их распределения в продуктах обогащения.

Еще на стадии разведки месторождения очень важно установить закономерности распределения, формы вхождения вредных компонентов и дать обоснованный прогноз их перехода в воздушную и водную среды в процессах обогащения и переработки руд. Необходимо учитывать, что при обогащении имеет место многократное увеличение концентраций элементов в различных продуктах. Как следствие, элемент, не относящийся к разряду опасных, с повышением его содержания в продукте может переходить в эту категорию.

Микроанализ дает необходимую дополнительную информацию о микроструктуре и минеральном составе образцов. Вместе с тем нерешенной остается задача увязки этих результатов со стандартными технологиями для специфических условий российских месторождений. Для этого необходимо проводить исследования руд современными методами и сопоставлять их с уже существующими данными, полученными ранее.

Научно-технические достижения XX века существенно изменили содержание минералогии. Из дисциплины, информирующей обогащителей о минеральном и химическом составех руд, технологическая минералогия превратилась в инновационную отрасль науки, способствующую научно-техническому прогрессу в освоении месторождений труднообогатимых руд, комплексном использовании минерально-

го сырья, создании ресурсосберегающих технологий, разработке эффективных мер охраны окружающей среды. Технологическая минералогия прочно вошла в число основных разделов обогащения полезных ископаемых, а изучение состава, строения, физико-химических и технологических свойств минералов при обосновании процессов извлечения ценных компонентов из минерального сырья стало обязательным этапом изысканий. Одним из актуальных направлений исследований в области обогащения полезных ископаемых является технолого-минералогическая оценка техногенных месторождений на основе современных программно-аппаратных комплексов.

**Выводы.** Комплексная минералогическая информация в сочетании с кристаллохимическими особенностями, влияющими на технологические свойства руд, служит основой выбора оптимальной технологии обогащения и переработки. Технологам крайне важно знать все формы нахождения полезных и вредных компонентов в руде и их количественный состав. Изучение на этой основе делимости, обогатимости и извлекаемости минералов и элементов позволяет прийти к заключению о технологической и экономической целесообразности получения товарных продуктов определенного качества.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плаксин И.Н. О некоторых задачах развития науки обогащения полезных ископаемых в области флотации // Цветные металлы. 1952. № 6. С. 17 – 25.
2. Пирогов Б.И. История становления и развития технологической минералогии // Прогнозная оценка технологических свойств полезных ископаемых методами прикладной минералогии: Сб. статей по материалам докладов VII Российского семинара по технологической минералогии. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. С. 7 – 37.
3. Korolev I. Increasing the recovery of valuable metals from the ores of Assarel mine, Bulgaria: MSc thesis. – Liège: ULg, 2016. – 66 p.
4. Викентьев И.В. Невидимое и микроскопическое золото в пирите: методы исследования и новые данные для колчеданных руд Урала // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 4. С. 267 – 295.
5. Gu Y. Automated scanning electron microscope based mineral liberation analysis // J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2003. Vol. 2. № 1. P. 33 – 41.
6. Fandrich R., Gu Y., Burrows D., Moeller K. Modern SEM-based mineral liberation analysis // Int. J. Miner. Process. 2007. Vol. 84. № 1-4. P. 310 – 320.
7. Соцкая О.Т., Горячева Е.М. Изучение возможностей прибора QEMSCAN для решения минералого-технологических задач // Технологическая минералогия в оптимизации процессов рудоподготовки и обогащения минерального сырья: Сб. статей по материалам докладов VIII Российского семинара по технологической минералогии. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. С. 164 – 167.
8. Bradshaw D. The role of process mineralogy in improving the process performance of complex sulfide ores // XXVII International Mineral Processing Congress: Conference Proceedings; Ed.: Juan Yianatos / Santiago, Chile. 2014. P. 1 – 23.

© 2018 г. Н.А. Королёв, М.К. Венгер,  
И.А. Королёв, А.А. Возная  
Поступила 24 января 2018 г.

*В.В. Стерлигов, Е.С. Татарина, И.В. Чикурова*

Сибирский государственный индустриальный университет

## МЕТОДИКА ВЫБОРА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Трудно до конца поверить в гипотезу о глобальном потеплении, когда на всей территории России за Уралом несколько недель наблюдаются аномально сильные морозы. Но именно эта недостаточно обоснованная гипотеза изменения климата Земли подняла вопрос о «парниковом эффекте», при котором выбросы продуктов сгорания могут создавать условия для поглощения части солнечного излучения, что и приводит к увеличению температуры атмосферы.

Проблема «парникового эффекта» стала настолько широко обсуждаемой, что уже никто не заботится о доказательности заявлений. Но значительный положительный результат такого широкого обсуждения – утверждение связи экологии с энергопотреблением и придание сверхважной и приоритетной роли энергосбережению. Явным доказательством этого явилось установление платы за выбросы диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , генерируемого при сжигании углеводородного топлива.

Плата за выбросы предприятий существует давно, но только для вредных веществ. Перечень таких выбросов представлен в специальной «Хрестоматии энергосбережения» [1], однако он не содержит  $\text{CO}_2$ . Как показывает реальный опыт, даже руководители природоохранных предприятий часто не знают об этих платежах. А между тем в федеральной программе РФ [2] определена плата – 400 руб/т. Такие платежи лягут большим грузом на финансы очень большого числа предприятий и, прежде всего, металлургических, потребляющих огромное количество углеводородного топлива.

При таких условиях должен измениться подход любого предприятия к выбору топлива: необходимо учитывать не только традиционно используемые показатели, но и такие, как количество углекислого газа  $\text{CO}_2$  и плата за его выбросы. В настоящее время при выборе топлива для обобщающей оценки используются показатели разных качественных категорий (стоимость, калорийность, условия доставки, условия хранения и др.). Все это определяет задачу по выбору топлива как логическую.

В работе [3] предложен новый подход комплексной оценки топлива: все качества используемого топлива представляются в стоимостном выражении, что делает их однородными и позволяет суммировать. Кроме того, используются удельные показатели, отнесенные к единице энергии (кДж, ккал), содержащейся в единице топлива. Это позволяет дать комплексную оценку топлива в стоимостном выражении и сводит весь процесс выбора топлива к определению минимального значения стоимости всех затрат в процессе использования единицы энергии. Такая операция легко подвергается компьютерному счету, сравнение всех возможных вариантов топливно-энергетических балансов (ТЭБ) сводится к определению минимального значения среди них.

Для оценки прогнозируемого количества углекислого газа  $\text{CO}_2$  при сжигании того или иного топлива предложено [4] использовать баланс по углероду топлива. Из соотношения молекулярных масс  $M_{\text{CO}_2} : M_a = 44 : 12 = 3,67$  следует, что 1 кг углерода при полном окислении производит 3,67 кг  $\text{CO}_2$ , что справедливо для любого исходного состояния углеродного топлива (газ, уголь или мазут).

В настоящей работе представлена попытка объединить эти два подхода. Так как эмиссия углекислого газа  $\text{CO}_2$  определяется только общей массой углерода всех используемых видов топлива, учитывающихся в ТЭБ завода, это несложно сделать на основе документов по составу каждого топлива. А поскольку комплексная оценка топлива делается на основе его теплоты сгорания, то необходимо найти общий способ определения теплотворной способности газового, жидкого и твердого топлив.

Обычно для расчета теплоты сгорания ( $Q_{\text{H}}^{\text{p}}$ ) газообразного топлива используется детерминированное выражение, содержащее теплоту сгорания каждого компонента топлива [5]:

$$Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 30,18 \text{ CO} + 25,79 \text{ H}_2 + 85,55 \text{ CH}_4 + 152,26 \text{ C}_2\text{H}_6 + 217,95 \text{ C}_3\text{H}_8 + 283,38 \text{ C}_4\text{H}_{10} +$$

$$+ 348,90 C_5H_{12} + 55,2 H_2S, \text{ ккал/м}^3. \quad (1)$$

Для твердого и жидкого топлива, когда химический состав неизвестен, а известно только содержание химических элементов в топливе, расчет теплоты сгорания проводится по уравнению регрессии: содержание элементов выступает в качестве фактора, а коэффициенты (коэффициенты регрессии) определяются из опыта [5]:

$$Q_n^p = 81C^p + 246 C^p - 26 (O^p - S^p) - 6W^p, \text{ ккал/кг}. \quad (2)$$

В практике расчетов по горению топлива уравнение (1) по расчету на основе химического состава топлива является более предпочтительным, а формула Д.И. Менделеева (2) используется в силу невозможности представить данные по содержанию химических соединений в угле и нефти. Но точность этой статистической модели и адекватность ее доказаны уже многими десятилетиями. Для рассматриваемой задачи, в которой в качестве исходной величины можно принять начальную массу углерода, формула Менделеева является вполне подходящей в случае, если будет дока-

зано, что теплоту сгорания газообразного топлива можно рассчитать по этой формуле. Этого еще никто не делал.

Сначала проверку возможности использования формулы Менделеева для газов нужно провести на «чистых» однородных газах, например, на метане  $CH_4$  и его гомологах, что будет полезно для расчетов природного газа как смеси различных газов. Методика такого расчета представлена в работе [4].

По такой же методике были проведены расчеты для углеродсодержащих чистых газов, результаты представлены в табл. 1.

Результаты расчетов по аппроксимирующей модели показывают ее полную адекватность гипотезе, а значит, можно оценивать углеродный потенциал топлива независимо от его физического состояния.

Поскольку любое газообразное топливо представляет собой смесь «чистых» газов того или иного состава, то можно ожидать, что как для отдельного газа (природного, доменного, коксового), так и для их смеси можно принять предположенный подход расчета теплоты сгорания единицы топлива, а так же и тепловую мощность, располагаемую или потребленную.

Т а б л и ц а 1

Результаты расчетов по проверке адекватности модели

№	Показатель	Газ					
		метан	этан	пропан	бутан	пентан	оксид углерода
1	Молекулярная масса, кг	16	30	44	58	72	28
2	Плотность, $\text{кг/м}^3$	0,714	1,339	1,964	2,589	3,214	1,25
3	Масса углерода	12	24	36	48	60	12
4	Содержание углерода, %	75,0	80,0	81,8	82,7	83,3	42,8
5	Содержание водорода, %	25,0	20	18,1	17,3	16,7	57,2
6	Кратность эмиссии $CO_2 \bar{m}_{CO_2}$ , кг/кг	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
7	Теплота сгорания (расчетная) $Q_{н(р)}^p$ , ккал/кг	12225	11400	11480	10957	10855	2422
8	Теплота сгорания $Q_{н(в)}^p$ , ккал/м <sup>3</sup>	8732	15268	22546	28371	34888	3028
9	Теплота сгорания (справочная) $Q_{н(с)}^p$ , ккал/кг	8550	13370	22350	29510	92756	3050
10	Невязка интерпретации, %	+2,12	-0,66	+0,87	+1,8	+6,5	-0,72



Состав исследуемого газового топлива

Топливо (газ)	Содержание, % (объемн.)									
	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Доменный	25,33	0,9	0,12	–	–	–	14,07	0,18	57,1	2,3
Коксовый	6,40	55,5	24,6	–	–	2,00	2,00	0,8	6,4	2,3
Природный	–	–	88,37	2,72	0,92	–	4,39	–	2,05	0,5
Коксодоменная смесь	24,6	7,60	2,70	–	–	0,20	11,0	0,1	51,5	2,3

Вместе с тем для большей и полной доказательности предлагаемого подхода необходимо выполнить расчеты для реальных газов. Основная цель проводимого расчета на основе углеродного потенциала – возможность прогнозировать эмиссию углекислого газа CO<sub>2</sub> при сжигании природного газа. При этом используется понятие «удельная эмиссия», отнесенная к единице тепловой энергии (ккал, кДж).

Чтобы доказать возможность определения углеродного потенциала (масса углерода в исходном газообразном топливе), были проведены расчеты по литературным данным, представленным в таблице VII-II «Справочника конструктора печей прокатного производства» [7]. Состав рассмотренных топлив показан в табл. 2.

Ниже представлен пример расчета определения потенциала доменного газа.

Исходя из состава топлива, определим объем углеродсодержащих компонентов на 1 м<sup>3</sup> газа:

$$V_{CO} = \frac{\%CO_2}{100} = \frac{25,33}{100} = 0,2533 \text{ м}^3;$$

$$V_{CH_4} = 0,0012 \text{ м}^3;$$

$$V_{CO_2} = 0,1407 \text{ м}^3.$$

Определим количество газа:

$$N_{CO} = \frac{V_{CO}}{22,4} = \frac{0,2533}{22,4} = 0,011 \text{ кмоль};$$

$$N_{CH_4} = 0,00005 \text{ кмоль};$$

$$N_{CO_2} = 0,0063 \text{ кмоль}.$$

Следовательно, можно рассчитать массу углерода:

$$m_{CO} = N_{CO} \cdot 12 = 0,132 \text{ кг};$$

$$m_{CH_4} = 0,00062 \text{ кг};$$

$$m_{CO_2} = 0,0756 \text{ кг}.$$

Общая масса углерода составит  $\Sigma m = m_{CO} + m_{CH_4} + m_{CO_2} = 0,2076 \text{ кг}$ .

Для проверки правильности расчета используем материальный баланс горения по углероду. Из расчета горения этого топлива [7] объем углеродсодержащего углекислого газа в продуктах сгорания  $V_{CO_2} = 0,385 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; количество газа –  $N_{CO_2} = 0,0172 \text{ моль}$ , масса углерода  $m'_C = 0,2064 \text{ кг}$ .

Невязка баланса составит

$$\Delta = \frac{\Sigma m - m'_C}{\Sigma m} 100 \% =$$

$$= \frac{0,2076 - 0,2064}{0,2076} 100 \% = 0,57 \%$$

Такое значение невязки можно считать приемлемым и подтверждающим предложенную методику определения углеродного потенциала. По такой же методике были рассчитаны балансы для других топлив, сходимость оказалась такой же.

Признание возможным использовать регрессионную модель на основе элементарного анализа для определения теплоты сгорания газообразного топлива открывает новые возможности и подходы к сертификации горючих газов, и в первую очередь – природного газа, передаваемого в больших количествах и на огромные суммы на экспортных операциях.

В настоящее время, когда в соответствии с общепринятой методикой теплота сгорания природного газа определяется на основе химического анализа (1), для заполнения сертификата газа поставщику требуется содержать дорогостоящую лабораторию для проведения сложного химического анализа по определению содержания того или иного углеводорода, равно как и других ингредиентов природного газа. Это увеличивает стоимость газа для поставщика и еще в большей степени для потребителя, финансовые возможности которого значительно меньше, чем у поставщика.

При использовании предлагаемого подхода необходимо знать содержание элементов (углерода С, водорода Н и реже серы S); эти данные можно получить при сжигании анализируемого газа в калориметрической бомбе или в калориметре. При строгом пропорционировании газа-окислителя (воздуха или кислорода) легко определить в продуктах сгорания содержание газов CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и SO<sub>2</sub> даже с помощью недорогих газоанализаторов, работающих на принципе поглощения этих оксидов специальными веществами. Содержания углерода, водорода и серы в исходном газе легко рассчитать по соотношениям молекулярных масс.

Количество определяется по следующим отношениям:

$$m_C = \frac{m_{CO_2}}{3,67}; \quad m_H = \frac{m_{H_2O}}{9}; \\ m_S = \frac{m_{SO_2}}{32}.$$

Такой способ сертификации при поставках и контроль при покупке природного газа делает их доступными для любого потребителя, особенно, если расчет за поставки газа производить не по объемам, а по поставленной энергии, что является наиболее правильным.

**Выводы.** Доказана возможность производить выбор топлива разного рода (газ, уголь, мазут) на основе использования удельных стоимостных показателей, показывающих затраты на единицу выделенной энергии (ккал, кЖд). Для оценки возможной удельной эмиссии выбросов диоксида углерода на основе массы углерода газообразного топлива предложено использовать формулу Менделеева для расчета теплоты сгорания твердого топлива. Правильность гипотезы подтверждена расчетами. Практическим выводом из этой ситуации может быть выработка предложений по созданию

нового ГОСТа для экспериментального определения теплоты сгорания газообразного топлива.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения. Справочник в 2 кн. / Под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 688 с.
2. Государственная программа РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Утверждена Постановлением правительства РФ от 27.12.10. № 2446-р.1.
3. Стерлигов В.В., Козлова Н.Е., Абдыкалык Т.Е. Комплексная стоимостная оценка энергоэкологического качества топлива // Вестник СибГИУ. 2017. № 2 (20). С. 60 – 64.
4. Стерлигов В.В., Татарина Е.С., Чикурова И.В. Прогнозирование эмиссии диоксида углерода на основе углеродного потенциала топлива // Вестник СибГИУ. 2017. № 1 (19). С. 54 – 58.
5. Семикин И.Д., Аверин С.И. Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1965. – 392 с.
6. Казанцев Е.И. Промышленные печи. – М.: Металлургия, 1964. – 451 с.
7. Бергауз А.Л., Гусовский В.Л. Справочник конструктора печей прокатного производства. Т. 1. / Под ред. В.М. Тымчака. – М.: Металлургия, 1969. – 570 с.

© 2018 г. В.В. Стерлигов, Е.С. Татарина,  
И.В. Чикурова  
Поступила 12 марта 2018 г.

*О.Х. Ниёзов<sup>1</sup>, И.Н. Ганиев<sup>1</sup>, Н.М. Муллоева<sup>2</sup>, С.У. Худойбердизода<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

<sup>2</sup>Государственное научно-экспериментальное и производственное учреждение  
АН Республики Таджикистан

## ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА $SSu_3$ , ЛЕГИРОВАННОГО КАЛЬЦИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА $NaCl$

Сплавы системы свинец – сурьма характеризуются простой эвтектикой и небольшой взаимной растворимостью компонентов (максимальная 3,5 % (по массе)  $Sb$ ) и отличаются высокими механической прочностью и литейными свойствами. Эти сплавы широко применяются в аккумуляторной промышленности при изготовлении решеток и в отдельных случаях отливок анодов для электролиза сернокислых растворов цинка, кадмия и марганца [1].

Коррозия сплавов свинца с сурьмой хорошо изучена в среде электролита  $H_2SO_4$ , и при отсутствии внешней поляризации установлен незначительный рост скорости коррозии (сплавы с содержанием до 1 %  $Sb$ ) со слабо выраженным минимумом, приходящимся на эвтектический состав. Снижение скорости коррозии сплавов, близких по составу к эвтектике, объясняется уменьшением размеров кристаллов анодной фазы – свинца [2].

Коррозионное поведение бинарных сплавов в среде серной кислоты в значительной степени определяется их структурой. По некоторым данным малые количества сурьмы в свинце (до 0,25 %) не влияют на процесс разрушения аккумуляторных решеток. С увеличением концентрации сурьмы коррозия анодов возрастает. Эти результаты были получены при кратковременных испытаниях (25 ч) в условиях заряда и разряда свинцового аккумулятора [1].

Увеличение содержания сурьмы вплоть до 3 % почти не влияет на стойкость сплава и лишь в диапазоне концентраций от 3 до 6 %  $Sb$  происходит существенное снижение коррозии, приходящееся на состав  $Pb + 4,25\% Sb$  [3].

Что касается коррозионного поведения сплавов свинца с сурьмой в нейтральной среде электролита  $NaCl$ , то подобные сведения нами не обнаружены ни на страницах научной литературы, ни в сети Интернет. Имеются сведения о влиянии щелочноземельных металлов на корро-

зионно-электрохимические характеристики чистого свинца в среде электролита  $NaCl$  [4 – 7].

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок кальция на анодное поведение сплава свинца с 3 % (по массе) сурьмы ( $SSu_3$ ) в среде электролита  $NaCl$  различной концентрации.

Сплавы для исследования получали из свинца марки С2, сурьмы металлической и кальция металлического марки КМ1. Предварительно синтезировали лигатуры свинца с 5 % (по массе) кальция в шахтных лабораторных печах типа СПОЛ. Шихтовку сплавов проводили с учетом угара свинца и кальция в электрических шахтных печах. Дальнейшим исследованиям подвергали сплавы, масса которых отличалась от массы шихты не более чем на 1 % (отн.). Из полученных сплавов в графитовой изложнице отливали цилиндрические образцы диам. 8 и длиной 140 мм, торцовая часть которых служила рабочим электродом.

Электрохимические исследования свинцовых сплавов проводили по методикам, описанным в работах [8 – 13], на потенциостате ПИ-50-1.1 в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с с программаторов ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4. Температуру раствора поддерживали постоянно 20 °С с помощью термостата МЛШ-8.

Для электрохимических исследований образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении в исследуемый раствор ( $E_{ст}$  – стационарный потенциал коррозии, или свободной потенциал коррозии), до значения потенциала, при котором происходит резкое возрастание плотности тока – до 2 А/м<sup>2</sup> (рис. 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении до значения потенциала –0,590 В, в результате чего происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности образца (рис. 1, кривая II). На следующем этапе исследования образцы

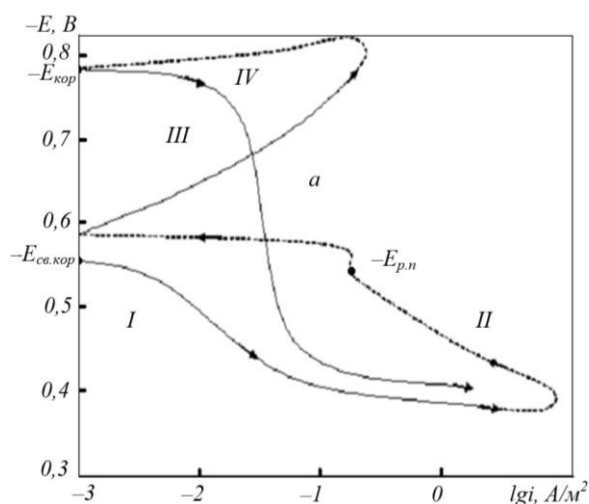


Рис. 1. Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая чистого свинца в среде электролита 3 %-го NaCl

поляризовали в катодную область (рис. 1, кривая III), чтобы удалить оксидную пленку с поверхности рабочего электрода. Наконец, образцы повторно поляризовали в положительном направлении (рис. 1, кривая IV), при этом при переходе от катодного к анодному ходу фиксируется потенциал начала пассивации ( $E_{н.п}$ ). По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

$E_{ст}$ , или  $E_{св.кор}$  – стационарный электродный потенциал, или потенциал свободной коррозии;

$E_{рп}$  – потенциал репассивации (определяли графическим способом как первый изгиб на обратном ходе анодной кривой);

$E_{по}$  – потенциал питтингообразования (или потенциал пробоя) после катодной поляризации;

$E_{кор}$  – потенциал коррозии после катодной поляризации.

На основании этих параметров рассчитывали скорость коррозии как основной показатель коррозионной стойкости металлов по формуле

$$K = i_{кор}k, \quad \text{где } k = 1,93 \text{ г}/(\text{А}\cdot\text{ч}).$$

Ток коррозии ( $i_{кор}$ ) определяли по катодной кривой с учетом тафелевского наклонного коэффициента ( $b_k = 0,12 \text{ В}$ ) [14].

В качестве примера на рис. 1 представлена полная поляризационная кривая для чистого свинца в среде электролита 3 %-го NaCl.

Анодное поведение сплава ССуЗ, легированного кальцием, изучали в среде электролита NaCl с концентрацией 0,03, 0,3 и 3 % (по массе). Сплавы содержали кальция от 0,01 до 0,5 % (по массе), т.е. были охвачены области растворимости кальция в сплаве ССуЗ, а также доэвтектическая область системы свинец – сурьма.

Результаты исследований представлены на рис. 1, 2 и в табл. 1 и 2. Видно, что при выдержке в электролитах 0,03, 0,3 и 3 %-го NaCl наблюдается анодная поляризация стационарного электродного потенциала ( $-E_{ст}$ ). Легирование кальцием сплава ССуЗ вызывает незначительную катодную поляризацию, смещая потенциал свободной коррозии в отрицательную область (в средах 0,03 и 0,3 %-го NaCl) или практически не влияют на него (в среде 3 %-го NaCl).

Динамика формирования защитного оксидного слоя на поверхности электрода у исходного сплава ССуЗ завершается к 30 – 40 мин от начала погружения электрода в электролит, а у легированных кальцием сплавов процесс пассивации не завершается и к 60 мин от начала погружения.

Коррозионно-электрохимические параметры процесса анодной коррозии сплава ССуЗ с кальцием обобщены в табл. 2. Как видно, добавки кальция не оказывают существенного влияния на изменение параметров  $-E_{ст}$  и  $-E_{кор}$ . Потенциалы  $-E_{по}$  и  $-E_{рп}$  при этом поляризуются анодно. Такая зависимость особенно характерна для сред 0,3 и 3 %-го NaCl. Скорость коррозии сплава ССуЗ плавно снижается с ростом концентрации легирующего компонента кальция почти в 1,5 раза, и подобная зави-

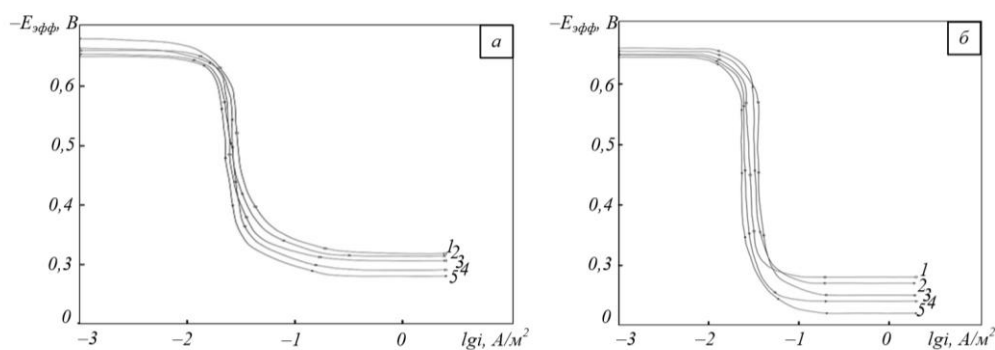


Рис. 2. Анодные ветви потенциодинамических (2 мВ/с) кривых сплава ССуЗ (1), содержащего кальций, % (по массе): 0,01 (2); 0,05 (3); 0,1 (4); 0,5 (5), в среде электролита 0,3 %-го (а) и 3 %-го (б) NaCl

**Временная зависимость стационарного потенциала (х.с.э.) свободной коррозии  
( $-E_{ст}$ , В) сплава ССуЗ (Pb + 3 % Sb) от содержания кальция в среде электролита NaCl**

NaCl, % (по массе)	Содержание кальция в сплаве ССуЗ, % (по массе)	Значение $-E_{ст}$ , В, при времени выдержки, мин						
		0	1	5	10	30	40	60
0,03	0	0,520	0,508	0,495	0,490	0,480	0,460	0,448
	0,01	0,516	0,504	0,490	0,484	0,456	0,444	0,420
	0,05	0,510	0,496	0,478	0,470	0,435	0,427	0,415
	0,10	0,506	0,489	0,470	0,463	0,431	0,423	0,410
	0,50	0,503	0,488	0,467	0,460	0,428	0,417	0,404
0,30	0	0,580	0,570	0,560	0,550	0,530	0,520	0,510
	0,01	0,580	0,566	0,550	0,544	0,526	0,518	0,506
	0,05	0,578	0,561	0,544	0,540	0,520	0,512	0,503
	0,10	0,575	0,556	0,535	0,531	0,514	0,508	0,500
	0,50	0,570	0,542	0,521	0,517	0,507	0,504	0,497
3,0	0	0,655	0,614	0,584	0,580	0,560	0,544	0,536
	0,01	0,650	0,614	0,582	0,576	0,556	0,542	0,534
	0,05	0,646	0,610	0,580	0,573	0,550	0,542	0,532
	0,10	0,642	0,607	0,578	0,570	0,547	0,540	0,530
	0,50	0,638	0,605	0,575	0,568	0,543	0,538	0,527

симость имеет место в трех исследованных средах. Снижение скорости коррозии сплавов сопровождается анодным смещением потенциодинамических кривых (рис. 2). С ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl наблюдается увеличение скорости коррозии сплавов независимо от их состава.

Сильное влияние на коррозионное поведение свинца как в условиях анодной поляризации, так и в ее отсутствии оказывают элементы, которые имеют близкие к свинцу параметры решетки, межатомные расстояния и атом-

ные радиусы, а также образуют с ним твердые растворы и промежуточные фазы. В работе [1] отмечается, что такие элементы, как олово, сурьма, сера почти не влияют на потенциал анода, что видно из данных табл. 2. Сравнение коррозионно-электрохимических характеристик сплава ССуЗ, легированного кальцием (табл. 2), с двойными сплавами свинец – кальций (табл. 3) показывает, что добавки кальция оказывают более существенное влияние на анодные характеристики свинца и на снижение скорости его коррозии в среде электролита

**Коррозионно-электрохимические характеристики сплава ССуЗ (Pb + 3 % Sb), легированного кальцием,  
в среде электролита NaCl. Скорость развертки потенциала 2 мВ/с**

Среда NaCl, % (по массе)	Содержание кальция в сплаве ССуЗ, % (по массе)	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{ст}$	$-E_{корр}$	$-E_{по}$	$-E_{рп}$	$i_{кор} \cdot 10^{-2}$ , А/м <sup>2</sup>	$K \cdot 10^{-3}$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)
0,03	-	0,448	0,666	0,280	0,290	0,80	15,44
	0,01	0,420	0,650	0,250	0,270	0,69	13,31
	0,05	0,415	0,645	0,240	0,250	0,64	12,35
	0,10	0,410	0,641	0,220	0,230	0,60	11,58
	0,50	0,404	0,637	0,210	0,230	0,57	11,00
0,30	-	0,510	0,650	0,280	0,395	0,89	17,17
	0,01	0,506	0,660	0,270	0,380	0,74	14,28
	0,05	0,503	0,655	0,250	0,360	0,70	13,51
	0,10	0,500	0,650	0,240	0,350	0,66	12,73
	0,50	0,497	0,645	0,220	0,340	0,61	11,77
3,00	-	0,536	0,680	0,318	0,400	0,99	19,10
	0,01	0,534	0,664	0,316	0,400	0,78	15,05
	0,05	0,532	0,660	0,306	0,390	0,75	14,47
	0,10	0,530	0,654	0,290	0,376	0,71	13,70
	0,50	0,527	0,651	0,280	0,360	0,67	12,93

**Коррозионно-электрохимические характеристики сплавов системы Pb – Ca в среде электролита NaCl.  
Скорость развертки потенциала 2 мВ/с [5]**

NaCl, % (по массе)	Содержание кальция в свинце, %, (по массе)	Электрохимические потенциалы, В (х. с. э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{ст}$	$-E_{кор}$	$-E_{по}$	$-E_{реп}$	$i_{кор} \cdot 10^{-2}$ , А/м <sup>2</sup>	$K \cdot 10^{-3}$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)
0,03	–	0,562	0,780	0,450	0,548	0,98	18,91
	0,005	0,520	0,720	0,369	0,420	0,77	14,86
	0,010	0,518	0,707	0,354	0,410	0,60	11,58
	0,050	0,506	0,700	0,340	0,410	0,53	10,23
	0,100	0,475	0,690	0,325	0,400	0,42	8,11
	0,500	0,422	0,653	0,320	0,400	0,36	6,95
0,30	–	0,543	0,720	0,420	0,510	0,85	16,40
	0,005	0,448	0,700	0,340	0,400	0,68	13,12
	0,010	0,470	0,688	0,340	0,380	0,55	10,61
	0,050	0,420	0,673	0,310	0,360	0,49	9,46
	0,100	0,400	0,666	0,306	0,360	0,38	7,33
	0,500	0,384	0,640	0,300	0,350	0,33	6,37
3,00	–	0,524	0,712	0,380	0,450	0,80	15,44
	0,005	0,460	0,680	0,320	0,360	0,62	11,97
	0,010	0,450	0,650	0,310	0,340	0,53	10,23
	0,050	0,408	0,640	0,300	0,340	0,42	8,11
	0,100	0,380	0,636	0,260	0,320	0,32	6,18
	0,500	0,368	0,618	0,250	0,320	0,28	5,40

NaCl. В последнем случае имеет место трехкратное уменьшение скорости коррозии, тогда как у сплава SSu3 легирование кальцием только в 1,5 раза повышает стойкость исходного сплава к коррозии. Это в определенной степени объясняется малой растворимостью кальция в сплаве SSu3, тогда как в чистом свинце по данным работы [15] растворимость кальция составляет 0,25 % (по массе).

Известно, что добавки щелочноземельных металлов ко многим металлам и сплавам играют роль модификатора структуры [16]. Это в определенной степени относится и к кальцию в свинце, и к его сплавам с сурьмой. Оказывая модифицирующее действие, кальций, значительно измельчает структуру свинцово-сурьмянистой эвтектики, а также кристаллов твердого раствора сурьмы в свинце. Принято считать, что модификаторами структуры сплава служат металлы, имеющие малую межатомную связь и следовательно низкую температуру плавления, малые значения прочности и твердости [17]. Модификаторы,

адсорбируясь на зарождающихся кристаллах, тормозят их рост, уменьшают поверхностную энергию вновь зарождающегося кристалла, в результате чего образуется высокодисперсный сплав.

Таким образом, полученные значения коррозионно-электрохимических характеристик сплавов свинца с кальцием и сплава SSu3 с кальцием в среде электролита NaCl коррелируют со значениями, полученными в среде электролита серной кислоты [1, 18]. Выполненные исследования по установлению анодных характеристик двойных и тройных сплавов свинца с сурьмой и кальцием позволяют рекомендовать их в качестве базового сплава при изготовлении защитной оболочки силовых и телефонных кабелей взамен чистого свинца и получить при этом значительный экономический эффект за счет снижения материалоемкости единицы продукции, увеличения срока службы и надежности [19].

**Выводы.** Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение сплава  $\text{Cu}_3\text{Zr}$  с кальцием и установлено, что легирование повышает коррозионную стойкость исходного сплава в 1,5 раза в среде электролита  $\text{NaCl}$ . При этом в зависимости от концентрации кальция наблюдается анодная поляризация потенциалов пассивирования и репассивации исходного сплава, а потенциал коррозии остается неизменным. Рост концентрации хлорид-иона в электролите увеличивает скорость коррозии сплавов независимо от их состава.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дунаев Ю.Д. Нерастворимые аноды из сплавов на основе свинца. – Алма-Ата: «Наука КазССР», 1978. – 316 с.
2. Дунаев Ю.Д., Соколова И.В., Кирьяков Г.З. – В кн.: Электрохимические процессы на амальгамных и твердых электродах. – Алма-Ата: «Наука КазССР», 1972. – 70 с.
3. Цхе Л.А., Дунаев Ю.Д., Бундже В.Г. – В кн.: Электроды и электролиты. – Алма-Ата: «Наука КазССР», 1967. С. 21 – 25.
4. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н. Сплавы свинца с щелочноземельными металлами. – Душанбе: ООО «Андалеб - Р», 2015. – 168 с.
5. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н. Повышения анодной устойчивости свинца, легированием щелочноземельными металлами. – Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 84 с.
6. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Махмадуллоев Х.А. Повышение анодной устойчивости свинца легированием барием // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 4. С. 55 – 58.
7. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Обидов Ф.У., Махмадуллоев Х.А., Ходжаев Ф.К. Влияние хлорид-иона на анодное поведение сплавов свинца с барием // Доклады АН Республики Таджикистан. 2012. Т. 55. № 6. С. 478 – 482.
8. Джайлоев Д.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Азимов Х.Х. Анодное поведение сплава  $\text{Al} + 2,18\% \text{Fe}$ , легированного кальцием, в среде электролита  $\text{NaCl}$  // Изв. вуз. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 12. С. 38 – 42.
9. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И., Calliari Irene. Потенциодинамическое исследование сплава  $\text{Al} + 6\% \text{Li}$  с иттрием в среде электролита  $\text{NaCl}$  // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. № 2. С. 95 – 100.
10. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И., Calliari Irene. Влияние лантана на анодное поведение сплава  $\text{Al} + 6\% \text{Li}$  // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 1 (44). С. 49 – 53.
11. Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джайлоев Дж.Х. Потенциодинамическое исследование сплава  $\text{Al} + 2,18\% \text{Fe}$ , модифицированного литием в среде электролита  $\text{NaCl}$  // Изв. вуз. Химия и химическая технология. 2016. Т. 59. № 2. С. 74 – 79.
12. Одинаев Ф.Р., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Потенциодинамическое исследование сплава  $\text{AlZn}_4,5$ , легированного свинцом в среде электролита  $\text{NaCl}$  // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 2 (45). С. 64 – 68.
13. Вазиров Н.Ш., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Бердиев А.Э., Норова М.Т. Влияние празеодима на кинетику окисления сплава  $\text{AlMg}_6$  в твердом состоянии // Доклады АН Республики Таджикистан. 2015. Т. 58. № 9. С. 840 – 844.
14. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. – Душанбе: Дониш, 2007. – 258 с.
15. Вахобов А.В., Ганиев И.Н., Назаров Х.М. Металлургия кальция и его сплавов. – Душанбе: Дониш, 2000. – 178 с.
16. Модифицирование силуминов стронцием/ И.Н. Ганиев, П.А. Пархутик, И.Ю. Куприянова, А.В. Вахобов. – Минск: Наука и техника, 1986. – 146 с.
17. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
18. Левинзон Л.М., Агуф И.А. – В кн.: Исследования в области химических источников тока. – Новочеркасск, 1966. – 235 с.
19. Никольский К.К. Защита от коррозии металлических кабелей. – М.: Связь, 1970. – 170 с.

© 2018 г. О.Х. Ниёзов, И.Н. Ганиев,  
Н.М. Муллоева, С.У. Худойбердизода  
Поступила 6 февраля 2018 г.

*Т.В. Петрова, С.В. Стрекалов*

Сибирский государственный индустриальный университет

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ТЕНДЕРА

В настоящее время процедура выбора поставщика становится все более многоступенчатой и обширной. Широко используется процедура предварительной квалификации поставщиков, где анализируются базовые данные о поставщике, что является частью системы безопасности и проявлением осмотрительности. Также следует сказать и о такой реалии деятельности предприятия, как закупка у единственного поставщика. В этом случае не приходится говорить об обоснованном выборе, реализации закупочных процедур, оценке поставщика.

Современная тенденция в сфере закупок – использование данных об опыте работы с поставщиком, продление существующих договоров, использование долгосрочных договоров с выбранным поставщиком. Эта тенденция имеет свои плюсы – уменьшается объем проведения конкурсных процедур, документации. Поэтому такой подход упрощает и удешевляет процесс снабжения предприятия в части администрирования закупок, но предприятие в этом случае существенно сужает возможности выбора материально-технических ресурсов, в том числе новых, инновационных предложений. Следовательно, уменьшается гибкость всей системы снабжения: при помощи долгосрочных договоров поставщик косвенно стимулируется производить существующие продукты, не обновляя их, а предприятие не сможет сменить поставщика в течение времени действия долгосрочного договора без соответствующих взысканий со стороны поставщика. Таким образом, необходимо констатировать, что с одной стороны, существует тенденция к сокращению объемов проведения закупочных процедур, но с другой стороны, возрастает значимость каждого проведенного в таких условиях тендера.

Соответственно возникает необходимость применения современных подходов к выбору и оценке поставщика (например, применение

совокупной стоимости владения), документационного обеспечения (изменение конкурентных таблиц, конкурентных карт, прочих шаблонов). Немаловажно обратить внимание на тот факт, что, рассматривая задачу выбора поставщика материально-технических ресурсов, необходимо уделить внимание не только критериям выбора, их расчету, определению лучшего подхода к оценке технико-коммерческих предложений (ТКП), но и методологии осуществляемого выбора.

Отметим особенности построения закупочных процедур, которые влияют на выбор метода решения задачи выбора поставщика:

- выбор осуществляется исходя из полученных ТКП поставщиков;
- выбор осуществляется по ряду критериев, перечень которых практически не ограничен и определяется спецификой предприятия и возможностью обработки больших объемов информации; на практике многие предприятия часто используют в качестве доминирующего критерия минимальной цены поставки.

Анализ научных публикаций, проведенный в рамках настоящей работы, позволяет утверждать, что на сегодняшний день чаще всего упоминаются такие методы выбора поставщика, как метод рейтинговых оценок, метод доминирующих характеристик, метод оценки затрат, метод анализа иерархий.

*Метод рейтинговых оценок* является наиболее распространенным и фактически чаще всего применяется на практике. При его применении используются заранее сформированные критерии выбора поставщика, затем экспертным путем определяются значимость каждого критерия. Далее, как описано в работе [1], «высчитывается значение рейтинга по каждому критерию путем произведения удельного веса критерия на его экспертную балльную оценку (например, по 10-балльной системе) для данного поставщика. Затем суммируют полученные значения рей-



тинга по всем критериям и получают итоговый рейтинг для конкретного поставщика». Авторы работы [2] отмечают, что «после определения интегрального коэффициента значимости критериев по аналогии рассчитывается интегральная оценка баллов, присуждаемая каждому поставщику».

Преимуществами метода рейтинговых оценок можно назвать относительную простоту расчетов, а также возможность оценивания количественных и качественных критериев выбора поставщика. В то же время, этому методу присущ ряд значительных недостатков. Первоочередным из них является присутствие субъективных оценок в суждениях эксперта, особенно в оценивании качественных характеристик. Существующие критерии отбора поставщика могут не содержать в себе значимых, по мнению эксперта, критериев. Например, технический специалист видит более значимыми технические характеристики, для эксперта в области экономики предприятия значимыми могут показаться условия и сроки поставки.

Такие же недостатки присущи балльной оценке ТКП поставщиков, где большое значение имеет опыт и профессиональная подготовка эксперта. Неудивительно, что данный метод подвергается критике в следующих работах. В работе [3] отмечается, что «применение метода рейтинговых оценок может привести к неверному принятию решения, поскольку совместно используют несопоставимые по смыслу данные, и с баллами, имеющими смысл качественных оценок, производят арифметические действия»; в работе [4]: «Однако они [экспертные методы] обладают рядом значимых недостатков: субъективизмом полученных результатов, сложностью поиска квалифицированных экспертов, довольно высокими затратами на проведение»; в работе [5]: «Данный метод является простым в использовании, однако имеет существенный недостаток: при обращении к потенциальным поставщикам трудно, а иногда практически невозможно, получить объективные данные, необходимые для работы экспертов».

Добавим к этому и то, что сейчас фактически отсутствует единая методология формирования критериев отбора, что невыгодно для поставщика, так как разные предприятия могут оценивать его ТКП с позиций разных критериев, в результате принятие решения становится непрозрачным. Таким образом, несмотря на неоднозначную оценку метода рейтинговых оценок, его широкое применение

становится обоснованием актуальности дополнительных исследований в данной области и указывает на явные недостатки в методологии закупочных процедур.

Для усовершенствования метода рейтинговых оценок иногда используется метод парных сравнений. Метод парных сравнений характеризуется тем, что «требуется попарно сравнивать посредников по очередному критерию привлекательности, в то время как наиболее часто используемый метод рейтинговых оценок требует давать оценки, учитывая все выбранные параметры» [4]. Поэтому этот метод создает преимущество методу рейтинговых оценок. К недостаткам метода парных сравнений можно отнести его трудоемкость. Так, автор отмечает [4], что «при оценке четырех кандидатов по 17 факторам эксперту пришлось построить 22 матрицы парных сравнений».

Парное сравнение применяется и в методе анализа иерархий, в котором используется множество альтернатив и множество критериев сравнения. Предполагается, что эксперт имеет достаточную глубину знаний, чтобы осуществить попарное сравнение предпочтительности выбора одной из двух альтернатив по некоторому из критериев сравнения. В результате формируется матрица парных сравнений. «Необходимо, руководствуясь результатами парных сравнений альтернатив по всем критериям, ранжировать альтернативы в порядке их предпочтительности выбора по совокупности заданных критериев сравнения» [6]. Применительно к процедуре выбора поставщика альтернативами будут являться предприятия – потенциальные поставщики. Кроме этого, помимо определения критериев сравнения, необходимо определить значимость каждого критерия, по каждому критерию формируется своя матрица. Результатом выбора является альтернатива (поставщик) с максимальным итоговым значением критериев (максимальное значение глобального приоритета). По мнению автора работы [7], «основным преимуществом данного метода является более высокая степень объективности оценок (эксперт оценивает не фактор, а только определяет соотношение)».

Методом, который характеризуется менее субъективным оцениванием и выбором поставщика, является *метод оценки затрат*. Особенностью этого метода является наиболее полный учет всех затрат, которые сопутствуют процессу закупки от затрат на переговоры до затрат на хранение закупленного ресурса. «Весь исследуемый процесс снаб-

жения делится на несколько возможных вариантов (миссий), и для каждого тщательно рассчитываются все расходы и доходы. В результате получают данные для сравнения и выбора вариантов решений (миссий). Для каждого поставщика рассчитываются все возможные издержки и доходы.» [5]. В качестве недостатка этого метода называется необходимость учета и обработки большого объема информации, что ведет к увеличению затрат. По нашему мнению, этот недостаток возникает вследствие поверхностного рассмотрения составляющих (элементов) совокупных затрат закупочных процедур. Необходимо различать экономическую сущность таких затрат, например как затраты на изучение рынка и затраты на доставку закупленного ресурса. Затраты на изучение рынка трудно отнести к какому-либо конкретному материально-техническому ресурсу, поэтому целесообразно относить их к затратам на проведение закупочных процедур в целом, тогда как затраты на доставку можно отнести к конкретному материально-техническому ресурсу, ведь они зависят от географического расположения складов поставщика и вида транспорта. Эти затраты могут регулироваться в процессе выбора поставщика, когда можно установить их приемлемый уровень. Такие затраты целесообразно включать в совокупную стоимость владения материально-техническим ресурсом.

Более упрощенным методом выбора поставщика является *метод доминирующих характеристик*. В рамках этого метода выбирается один, наиболее предпочтительный критерий. На практике такой метод применяется при использовании в качестве единственного критерия минимальной цены. Очевидным недостатком метода является то, что «не учитываются многие параметры отбора» [3]. Тем не менее, метод используется по причине своей простоты. Однако, как и в случае с методом оценки затрат, метод доминирующих характеристик имеет существенные возможности для усовершенствования, например в рамках применения совокупной стоимости владения, особенности которой описаны в работах автора [8]. В случае с использованием в качестве критерия минимальной совокупной стоимости владения, а не цены, появляется возможность оценки не одного показателя (цена), а ком-

плексного показателя, который в своем значении учитывает и другие критерии, ранее используемые по отдельности.

Отметим, что использование в современных закупочных процедурах этапа предварительной квалификации поставщиков, о чем сказано выше, позволяет расширить возможности к усовершенствованию методологии. Это позволяет не смешивать разнородные показатели, что, как справедливо указано в работе [4], приводит к тому, что «исследователь может столкнуться с логической несовместимостью значений анализируемых параметров, выраженных в разнотипных шкалах, что существенно затрудняет проведение дальнейшей математической обработки данных». Поэтому на этапе выбора поставщика появляется возможность сконцентрироваться на совокупной стоимости владения.

Обзор существующих методов выбора поставщика показывает, что каждый из них обладает своими преимуществами и ограничениями по областям применения. Отметим тот факт, что обзор научных публикаций по данной тематике приводит к выводу, что существует необходимость в дальнейшем усовершенствовании метода выбора поставщика.

Как справедливо указано в научных работах, основным препятствием для улучшения методологии выбора поставщика является совместное оценивание несопоставимых по своей сущности критериев: от финансового состояния потенциального поставщика до срока доставки материально-технического ресурса. Поэтому необходимо в процессе выбора разграничивать эти критерии, чему может способствовать совместное использование предварительной квалификации поставщиков и совокупной стоимости владения для оценки ТКП поставщиков (см. рисунок).

Как отмечалось выше, совокупная стоимость владения – показатель комплексный, поэтому при его использовании в качестве доминирующего, предприятие минимизирует риски игнорирования прочих критериев. В то же время для оценки совокупной стоимости владения необходимо использовать метод оценки затрат, которые будут оцениваться путем использования полученной от поставщиков информации. Объем и конкретные компоненты предоставляемой информации должны

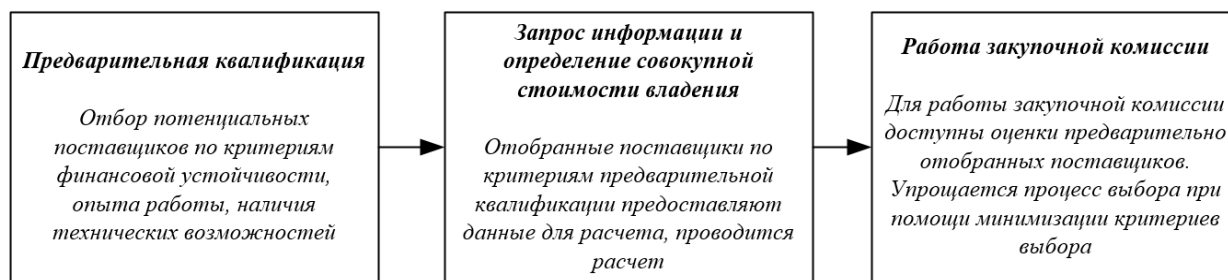


Рис. Этапы закупочной процедуры

определяться по критерию достаточности для определения совокупной стоимости владения. Способы получения информации должны рассматриваться в рамках усовершенствования документационного обеспечения закупочных процедур.

Таким образом, происходит смещение акцентов в рамках закупочной процедуры – основная часть аналитической работы осуществляется при определении совокупной стоимости владения материально-техническим ресурсом, а не при выборе поставщика при помощи рейтинговых оценок множества трудно сопоставимых критериев.

Отдельно стоит отметить и изменение затрат на администрирование закупки, которые фигурировали при описании метода оценки затрат. Их оценкой может заниматься иное подразделение, чтобы максимально разгрузить процедуру выбора. Выбор поставщика по критерию минимальной совокупной стоимости владения приводит и к уменьшению затрат на проведение закупочных процедур путем сокращения количества таких процедур, так как комплексная оценка подразумевает и оценку срока службы ресурса.

Вместо практически неограниченного набора потенциальных поставщиков и критериев их оценки закупочная комиссия для оценки поставщиков будет получать следующую информацию:

- количество поставщиков, прошедших предварительную квалификацию и соответствующих минимальным требованиям;

- расчеты совокупной стоимости владения по материально-техническим ресурсам в ТКП.

Следовательно, применяя элементы метода доминирующих характеристик (заменяя один критерий комплексной оценкой) и метода оценки затрат (оценка совокупной стоимости владения на основе представленной информации), предлагается разработать метод, пригодный для проведения предварительного этапа процедуры выбора поставщика.

Основной этап процедуры выбора поставщика требует дополнительного метода. Обратим внимание на метод вариантов. Этот метод

описывается в научных работах, посвященных определению форм развития технологических схем угольных шахт, оптимизации границ карьеров [9]. В работе [10] он описывается следующим образом: «Метод вариантов состоит в том, что по двум или большему числу качественно отличным технологическим вариантам (схем) проводят детальные расчеты затрат, величина которых зависит от варьируемого параметра».

Для целей использования в закупочных процедурах примем, что набор вариантов – поступившие ТКП, затраты – оценка совокупной стоимости владения по данным ТКП. В базовой версии осуществления процедуры выбора поставщика варьируемого параметра может не быть, если предприятие полностью удовлетворено поступившими ТКП. Однако расширенная версия может подразумевать осуществление нескольких раундов переговоров с поставщиками, например по вопросам увеличения срока службы материально-технического ресурса, что оказывает существенное влияние на оценку совокупной стоимости владения. В качестве критерия оценки варианта используется ожидаемая совокупная стоимость владения.

В качестве итогов отметим следующее:

- итоговая методология процедуры выбора поставщика представляет комбинацию наиболее применимых, по мнению авторов, вариантов; метод оценки затрат позволяет оценивать совокупную стоимость владения ресурсом, метод доминирующих характеристик позволяет минимизировать количество критериев выбора/сравнения, но позволяет применить комплексную оценку ресурса;

- предоставление потенциальными поставщиками ТКП с учетом данных, необходимых для расчета совокупной стоимости владения, позволяет вести аналитическую работу вне процедуры непосредственного выбора поставщика, что упрощает выбор;

- использование стадии предварительной квалификации позволяет не принимать в расчет множество критериев, которые ранее вы-

нужденно оценивались совместно с характеристиками материально-технического ресурса;

- выбор поставщика предлагается делать на основе метода вариантов, трудоемкость которого уменьшается путем использования предварительной квалификации и предварительной аналитической работы;

- предлагается отказаться от метода рейтинговых оценок по причине присутствия в нем субъективной составляющей и отсутствия единого методологического подхода к формированию перечня используемых критериев, что снижает прозрачность процедуры выбора поставщика и одновременно усложняет ее.

Отметим также и возможные недостатки предлагаемой методологии. Наиболее очевидный из них кроется в процедуре подсчета и анализа совокупной стоимости владения. Не исключено, что для некоторых позиций он будет затруднен или будет отсутствовать необходимость в этом, поэтому применение традиционных методов выбора поставщика в этих случаях может оказаться предпочтительнее. Обратим внимание и на то, что внедрение описываемого подхода может потребовать существенного изменения действующих процедур, что приемлемо не для всех предприятий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дегтярева Н.М., Яковлев Р. Методические подходы к выбору и оценке поставщиков предприятия // Вестник ВУиТ. 2015. № 1 (33). С. 100 – 105.
2. Смирнова Е.А., Михайлов В.И. Применение методики выбора поставщика на основе совершенствования метода рейтинговых оценок в интегрированной информационной логистической системе // Известия СПбГЭУ. 2014. № 3 (87). С. 59 – 64.
3. Лещинский Б.С., Конкина Ю.А. Выбор поставщика в условиях разнотипности данных с использованием методов теории нечетких множеств // Вестник Томского гос. ун-та. Экономика. 2008. № 2 (3). С. 44 – 51.
4. Ефимов А.М. Выбор участника канала распределения методом парных сравнений // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2010. № 3 (99). С. 173 – 177.
5. Климова Г.В. Общие принципы построения модели оценки поставщика // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2013. № 3. С. 45 – 50.
6. Илларионов М.Г. Применение метода анализа иерархий в принятии управленческих решений // Актуальные проблемы экономики и права. 2009. № 1 (9). С. 37 – 42.
7. Бутусов О.Б., Дубин М.Е. Система поддержки принятия решений для выбора поставщика в цепи поставок // Известия МГТУ. 2013. № 1 (15). С. 268 – 271.
8. Петрова Т.В., Стрекалов С.В., Новичихин А.В. Применение метода совокупной стоимости владения при решении задач управления системой закупок ресурсов горнодобывающего предприятия // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2017. № 3. С. 346 – 351.
9. Васильев П.В., Михелев В.М., Петров Д.В. Оценка вычислительной сложности алгоритмов оптимизации границ карьеров в системе недропользования // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: «Экономика. Информатика». 2015. № 19 (216). С. 110 – 119.
10. Агафонов В.В., Шавров П.В. Анализ методов определения эффективных форм развития технологических систем угольных шахт // ГИАБ. 2011. № 10. С. 9 – 12.

© 2017 г. Т.В. Петрова, С.В. Стрекалов  
Поступила 15 ноября 2017 г.

*Ю.К. Осипов, В.В. Шевченко, А.Н. Бричев*

Сибирский государственный индустриальный университет

## АРХИТЕКТУРНЫЙ ЧЕРТЕЖ КАК СРЕДСТВО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Цель настоящего методического исследования – анализ коммуникативных возможностей архитектурного чертежа как на стадии обучения в архитектурной школе, так и в проектной практике. Научно-технический прогресс оказывает активное влияние на все виды современной деятельности человека. Не составляет исключения и архитектурная практика, в частности, организация труда архитекторов, инженеров. За последние годы произошли большие изменения в оформлении потока информации, связанной с архитектурной инженерией, строительством и обучением. Огромный объем чертежной документации, без которой невозможна архитектурная практика, выполняется с использованием компьютерных технологий, которые неизбежно влекут изменения, влияющие на эффективность труда архитектурного и инженерного сообществ.

Современная графика, применяемая в проектной практике и обучении, становится более лаконичной и условной. Оценивая позитивно проектный процесс в практической плоскости, не следует забывать о специфических задачах обучения. На начальных этапах учебы обычная ручная графика, макетирование из бумаги и картона служат задачам развития мыслительных, творческих способностей обучающихся, понимания специфики эскизной, чертежной графики и особенностей архитектурного рисунка.

В этот период обучающийся все должен делать с помощью простейших инструментов, что в конечном итоге способствует формированию изобразительных навыков, дает опыт рационального использования изобразительных средств и приемов. И только получив основательный опыт в овладении приемами рисунка, черчения, шрифтовой и графической композиции, обучающийся может приступить к освоению графики с применением новейших технологических средств.

В конечном итоге обучающийся постепенно приобретает основное качество, отличающее специалиста, – профессионализм, определяю-

щий качество выражения творческих замыслов архитекторов.

Архитектурный чертеж является объектом критики и споров архитекторов-профессионалов и преподавателей архитектурных школ. Профессиональные архитекторы и особенно преподаватели критикуют архитектурную графику за неспособность отразить все многообразие признаков проектируемого объекта, предугадать в чертеже изъяны будущей постройки, застраховать проектировщика и обучающегося от ошибок.

Совершенствование архитектурной графики возможно по двум направлениям. Первое заключается в определении такого оптимального состава эскизов, чертежей (ортогональных и перспективных), которые дадут «идеальный» образ проектируемого объекта, осветят все его качества, необходимые для строительства. Этой проблеме посвящен ряд современных исследований, результаты которых дополняют наше понимание о комплексе и составе чертежей на различных этапах проектной работы, но при этом имеют временный характер, ибо архитекторы на всем многовековом пути своего творчества вполне обходились теми чертежами, которые отражали необходимые задачи материальной реализации объекта. Изменение характера архитектурной деятельности неминуемо сказалось на составе графических документов, отражающих содержание проектирования. Этот процесс будет происходить постоянно. Однако качество и состав проектной документации никогда не смогут оградить архитектора от возможных просчетов, так как корень таких недостатков кроется в личностных качествах архитектора.

Второе направление заключается в рекомендации широкого применения компьютерных технологий, в том числе в учебном проектировании, что приводит к вытеснению ручной графики. Предлагаются компьютерные программы построения перспектив здания с множественностью точек зрения, методики составления математических моделей сооружения, системы

расчетов. Пропорционирование фасадов, гармонизация ортогональных и перспективных изображений здания и его деталей направлены на предотвращение возможных погрешностей проектирования. В то же время активное распространение цифровых технологий и методов компьютерного моделирования в учебном проектировании приводит к вытеснению ручной графики [1]. Отсутствие практики ручной графики на начальной стадии обучения архитектурному проектированию приводит к затруднениям в дальнейшем обучении, в том числе в работе с компьютером. Экран компьютера не способен охватить весь проект с должной степенью детализации. Фрагментарность обзора затрудняет целостное восприятие проектируемого объекта. Это психологически перегружает обучающегося необходимостью постоянно поправлять, вносить изменения и держать в голове массу непрерывно меняющихся деталей.

Маловероятно, что любые предлагаемые методики изображения объекта активно и с большим эффектом повлияют на результаты проектирования, поскольку результаты любого проектного процесса зависят от квалификации автора и его умения представить будущий объект во всех необходимых деталях. Нас в большей мере, очевидно, должна интересовать не сама стилизация новых графических приемов, а насколько эффективно старые и новые приемы графического изображения аккумулируются в современном чертеже и, наконец, как архитектурный чертеж удовлетворяет потребности современной архитектурной практики и современной системы подготовки архитектурных кадров [2]. Одним из главных вопросов этой проблематики является выяснение коммуникативных возможностей графического изображения.

Анализ назначения архитектурного чертежа заставляет задуматься над спецификой его восприятия глазами профессионала и глазами зрителя, не имеющего специальной подготовки. Чертеж рассматривался как документ, отражающий различные задачи профессионального труда архитектора, как система изображений, выражающая замысел автора, как лексика изложения авторского рассказа в графике, наконец, как объект принадлежности к ценностям изобразительного искусства. Однако все эти ипостаси чертежа воспринимаются в зависимости от уровня подготовки зрителя. Воспринять и освоить изображение может человек, понимающий код изобразительной информации, так же как прочесть литературный текст может лишь субъект, знающий алфавит и правила написания и

прочтения шрифтовых сочетаний. Эти обстоятельства заставляют рассматривать чертеж как средство изобразительной коммуникации, т. е. как средство общения между людьми разного уровня культурной и профессиональной подготовки.

В процессе профессиональной деятельности у архитектора возникает длительный опыт общения с заказчиком, представителями смежных профессий, зрителем, оценивающим архитектурный чертеж или постройку. Этот опыт приводит к выводу, суть которого сводится к следующему: кому и для чего адресовано графическое изображение – эскиз, чертеж, рисунок. С архитектурным эскизом и рисунком все обстоит ясно, так как первый редко предназначен для чужих глаз, а второй служит средством оформления чертежа.

С архитектурным чертежом такой ясности нет и вот почему. Существующее разделение чертежа по целям его содержания (обмерочный, проектный, рабочий, демонстрационный) заставляет задуматься, отвечает ли эта классификация коммуникативному назначению архитектурной графики? На стадии обучения у обучающегося очень скоро появляется свой графический авторский язык, оценивая который мы не разрешаем проблемы сложности восприятия архитектурной графики людьми с различным уровнем профессиональной подготовки. Оценка большей части графики произведений архитекторов под силу лишь специалисту.

А как быть с не специалистами, как относиться к многомиллионной аудитории зрителей, оценивающих архитектурные проекты и живущих среди архитектурных построек? Чтобы разобраться в возможностях произведения архитектурной графики, говорить понятным языком с разными зрителями, возникает необходимость классифицировать коммуникативное назначение каждого графического документа по уровням, отражающим общение людей с определенным запасом культурной подготовки.

**Первый уровень коммуникации** отражает общение специалиста со специалистом, на этом уровне общения используются эскизы, чертежи, рисунки, схемы, выполненные в условной линейной графике с применением минимального арсенала изобразительных средств. Восприятие этой графической документации требует большой профессиональной культуры. Такими приемами владеют мастера архитектуры (Ле Корбюзье, О. Нимейер и многие другие) [3, 4]. Архитектурные чертежи этих мастеров порой отличались аскетичностью графики, подчеркивающей изящную простоту проектов, и этого бы-

ло вполне достаточно для того, чтобы специалист оценил содержание и качество предлагаемой проектной идеи. В то же время вполне очевидно, что такой простой лаконичный чертеж мало что скажет зрителю, профессионально не подготовленному.

Архитектурный чертеж как средство профессиональной коммуникации не является окончательно сформировавшейся, устоявшейся формой проектной документации. Архитектор всегда задумывается над тем, как сконструировать чертежное изображение объекта, чтобы наиболее полно раскрыть сущность проектной идеи, как донести свои замыслы до коллектива проектировщиков, как уяснить их самому себе. На этой стадии чертеж служит средством диалога, двухсторонней коммуникативной связи автора с самим собой (для самоуяснения) и автора с коллегами-архитекторами или инженерами (для выявления общих точек зрения на объект). Если композиция здания сравнительно проста, если ее сущность может быть выявлена простыми средствами, архитектор использует чертежи с ортогональными проекциями здания. Графика таких чертежей чрезвычайно проста и информативна, изобразительные средства, как правило, ограничены линейным изображением основных частей здания и заливкой тушевых плоскостей или оконных проемов (на фасаде здания) и сечений несущих элементов (в плане здания). Такая графика удобна не только для выявления содержания проектного чертежа, но и для его тиражирования.

В случае сложной композиционной структуры сооружения архитектор избирает другие способы его изображения, так как стремится сообщить любому зрителю наиболее полную и содержательную информацию. Именно в таких ситуациях часто в чертежах архитектурных сооружений употребляются методы изображения объекта в аксонометрии, перспективе. Стремление к максимальной информативности каждого чертежа приводит к тому, что в аксонометрическом, перспективном изображении совмещаются фасадные и разрезные элементы здания. В своем диалоге с профессионалом автор снабжает чертеж наиболее полной и содержательной графической информацией, стремится показать объект с птичьего полета, в выигрышных ракурсах. Изображения таких чертежей должны быть максимально просты, так как именно линия способна донести до зрителя содержание чертежа, сосредоточивая внимание на самых важных, существенных признаках объекта.

Наивысшей степенью сложности коммуникативной связи первого уровня являются чертежные схемы, выдаваемые автором проекта для разработки рабочих чертежей. Информация такого чертежа сведена к минимуму, ибо никаких других нагрузок эта схема не несет. Полнота восприятия подобных изобразительных документов зависит от профессиональной подготовки специалиста, которому они предназначены.

В архитектурной школе коммуникативные связи первого (высшего) уровня сложности возможны только на старших курсах, где обучающийся уже имеет достаточный опыт профессиональной подготовки, способен понимать советы педагога, изложенные в простейшей изобразительной форме. Эскизы, чертежи, рисунки обучающихся старших курсов близки по характеру к изобразительной информации профессионального архитектора. От правильности педагогических установок зависит качество и содержание графической информации, с помощью которой обучающийся выражает замысел любого курсового задания. Преждевременное освоение приемов графики первого уровня коммуникативной сложности приводит к недоразумениям.

Обучающийся младших курсов, не имея достаточной профессиональной подготовки, не в состоянии объяснить с преподавателем языком условной архитектурной графики, понять и освоить изобразительную информацию первого уровня сложности. Освоение навыков линейной графики, проектного эскиза чертежа рисунка необходимо осуществлять последовательно и постепенно, одновременно с освоением других видов графики.

**Второй уровень коммуникации** отражает общение специалиста с неспециалистом. На этом уровне общения употребляются эскизы, чертежи, рисунки, выполненные в общепонятной реалистической изобразительной форме тональной, цветной, штриховой графики, где объект моделируется с максимальным приближением к натуре, что позитивно влияет на восприятие архитектурной документации. Зритель, профессионально неподготовленный, легко воспринимает лишь такое изображение, которое достоверно передает свойства формы, ее окружения [5].

Именно в этом случае архитектор использует демонстрационный чертеж. Однако проблема диалога архитектора с заказчиком остается актуальной до наших дней и это обязывает нас задуматься об изобразительных формах современной демонстрационной графики. Диапазон ее разновидностей весьма велик. За-

казчику предоставляются не только сами демонстрационные чертежи, но и видеofilмы, макеты и т.д. Учитывая специфику просмотра чертежей глазами широкой публики, архитектор моделирует объект с максимальным приближением к натуре.

В архитектурной школе коммуникативные связи второго уровня сложности особенно характерны для начальных этапов обучения; чертежи, рисунки обучающихся младших курсов служат средством коммуникации обучающегося с преподавателем. Чертежи на начальных этапах обучения имеют мало общих задач с чертежами на старших курсах и с чертежами практикующих архитекторов. Они служат для развития навыков в области изображения, понимания сущности архитектурной формы, освоения архитектурного наследия.

Первые учебные чертежи, которые используются обучающимися, имеют цель развития навыков проекционного черчения, понимания характера изображаемого объекта и выбора соответствующих изобразительных приемов.

Как показывают педагогическая практика и опыт преподавателя дисциплины «Архитектурное проектирование» на кафедре архитектуры СибГИУ, обучающийся на первых шагах обучения не может освоить пластику формы архитектурного сооружения исключительно в линейной графике.

Развитие его пространственных представлений и творческих навыков происходит постепенно, в процессе моделирования формы с применением тона и цвета. Графические навыки совершенствуются лишь в том случае, если обучающийся стремится к качеству изображения и, следовательно, к содержательности его информации для любого зрителя, преподавателя или обучающегося. В итоге у последнего

постепенно вырабатываются способности коммуникации с окружающими людьми, где инструментом коммуникативного общения становится учебный чертеж. В процессе исполнения учебного чертежа происходит интенсивный процесс внутреннего диалога, то есть обучающийся сам контролирует каждый этап графической работы, задается целями изображений и фиксирует качество их исполнения (рис. 1, 2).

Выявление свойств изображаемого объекта, его сочетание с окружающим ландшафтом должно происходить целенаправленно с использованием аппарата выразительных средств, специфических для архитектурной графики. Итог высказанного обучающимся рассказа о сооружении оценивается преподавателем и другими обучающимися, в чем проявляется коммуникативный диалог обучающегося (еще не специалиста) и преподавателя (специалиста). Так растет изобразительное мастерство обучающегося, и его диалог с преподавателем становится полнее и содержательнее. Обучающиеся уже в состоянии объяснить тему своей работы любому зрителю, и его роль как участника процесса коммуникации постепенно меняется. Приходит опыт и понимание важности коммуникативных связей с потенциальным заказчиком, и это заставляет обучающегося избирать наиболее простые и эффективные приемы графики, сознательно формировать мнение зрителя о проектной идее.

Темами начального проектирования могут быть небольшие общественные здания. Сравнительно сложная функция таких зданий заставляет обучающегося разрабатывать функциональные схемы зонирования планов, решать конструктивные узлы сооружения. Характер композиционного решения влияет



Рис. 1. Архитектурный чертеж в тоновой технике. Работа обучающегося 2 курса



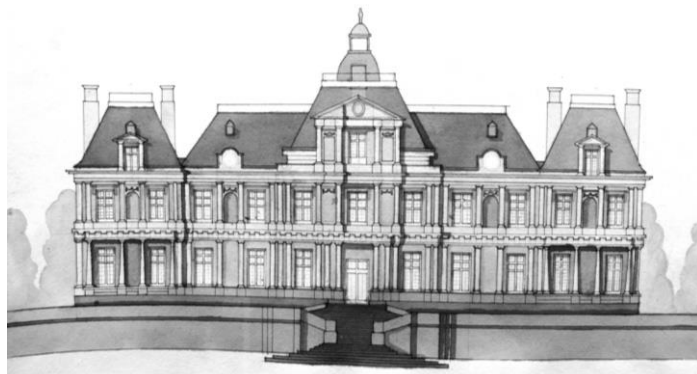


Рис. 2. Архитектурный чертеж в тоновой технике. Работа обучающегося 2 курса

на специфическую технику, изображаемую автором. Если композиция здания имеет ярко выраженный силуэтный характер, автор выявляет эту идею в технике отмывки. Если здание представляет собой объемную композицию с простыми геометрическими очертаниями, то графика должна выявлять материал, фактуру, рисунок переплетов оконных и дверных проемов и так далее.

Самая сложная тема начального проектирования – проект малоэтажного жилого дома. В процессе исполнения этого проектного задания обучающийся завершает первый этап профессиональной подготовки, позволяющий решать дальнейшие задания курсового проектирования на старших курсах (рис. 3).

**Третий уровень коммуникации** отражает общение специалиста с широкой публикой, в процессе которого архитектор говорит со зрителем языком изобразительного искусства. На этом уровне общения архитектор выступает

как автор произведений живописи, графики, плаката, конкурсных проектов.

В архитектурной школе коммуникативные связи третьего уровня сложности возможны только на уровне преподаватель (специалист) – широкий зритель. Что касается обучающихся, то при должных способностях они иногда достигают в области исполнения заданий по художественным дисциплинам высокого уровня, и тогда работа оценивается окружающими так же высоко, как и аналогичные работы зрелого архитектора.

**Выводы.** Композиция чертежа архитектурного объекта должна восприниматься легко и ясно, и тогда коммуникативные возможности графического изображения становятся очевидны. Глубокое уважение к культуре архитектурной графики создает особую духовную атмосферу, способствующую развитию мировоззрения архитектора и прогрессу в области архитектурной мысли.



Рис. 3. Архитектурный чертеж в линейной графике. Работа обучающегося 3 курса

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Осипов Ю.К. Архитектура – результат органичного сочетания различных дисциплин и ситуаций, ставших в настоящем более неполными и непостоянными, нежели в прошлом // Вестник СибГИУ. 2016. № 3. С. 26 – 30.
2. Осипов Ю.К. Архитектура, образование, проблемы и реальность // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. 2017. Вып. 38. С. 193 – 196.
3. Ле Корбюзье. Творческий путь – М.: Стройиздат, 1970. – 246 с.
4. Оскар Нимейер. Архитектура и общество – М.: Прогресс, 1975. – 187 с.
5. Матехина О.В., Осипов Ю.К., Семин А.П. Архитектурные формы, детали, графика, термины: Учебное пособие. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2005. – 37 с.

© 2018 г. Ю.К. Осипов, В.В. Шевченко,  
А.Н. Бричев  
Поступила 16 марта 2018 г.

*Е. С. Блохина*

Сибирский государственный индустриальный университет

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ  
БЛАГОТВОРИТЕЛЬНОГО ФОНДА**

Поступательное развитие России в XXI веке невозможно без формирования духовно-нравственного общества людей, не чуждых сочувствия и сострадания друг другу, готовых к бескорыстной помощи и поддержке нуждающихся. Во все времена именно милосердие помогало человечеству выжить и передать свои знания и опыт новому поколению, что привело к развитию цивилизации.

В настоящее время все чаще и чаще можно слышать о создании и функционировании благотворительных фондов, которые занимаются решением самых разных социальных проблем – от помощи бездомным животным до оплаты лечения и реабилитации больных. Например, в 2016 г. на территории Кемеровской области Министерством юстиции было зарегистрировано 137 благотворительных фондов, работающих в различных направлениях, что видно из рис. 1. График построен по данным информационного портала Министерства юстиции Российской Федерации [1], где отражены отчеты, сданные благотворительными фондами Кузбасса за предыдущий год работы.

Если проследить динамику количества создания новых фондов, то можно заметить некоторый спад, который начинается с 2013 г. (рис. 2). Снижение количества регистраций новых благотворительных фондов связано, скорее всего, со сложностями, с которыми неизбежно сталкивается учредитель, решивший заняться благотворительностью. Чаще всего человек, открывающий благотворительный фонд, не имеет юридического образования и поэтому неверно трактует нормы и правила закона, регулирующего изучаемую сферу.

Основным законом, регулирующим сферу благотворительности в Российской Федерации, является Федеральный закон от 11.08.1995 № 135-ФЗ «О благотворительной деятельности и благотворительных организациях» (далее – Закон) [2].



Рис. 1. Направления работы благотворительных фондов в Кемеровской области

Тем не менее, существует целый ряд иных законодательных актов, таких как Гражданский Кодекс РФ, Федеральный закон от 12.01.1996 № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях» и др., без анализа которых невозможно грамотно построить социальный бизнес [3, 4].

Необходимость изучения аспектов правового регулирования возникла при создании в Кемеровской области благотворительного фонда «Я помогаю жить» (далее БФ КО «Я помогаю жить») с целью избежания типичных ошибок и ускорения процесса регистрации фонда как некоммерческой организации.

Рассмотрим процедуру открытия благотворительного фонда на примере БФ КО «Я помогаю жить». Весной 2017 г. учредителем было запланировано учреждение Фонда и составлен сетевой график работ по его созданию (рис. 3).

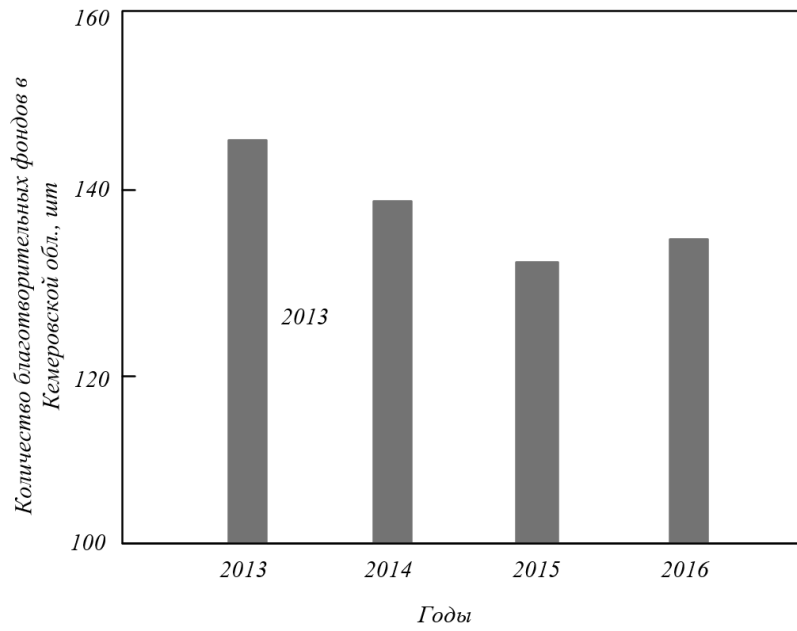


Рис. 2. Благотворительные фонды, зарегистрированные на территории Кемеровской области

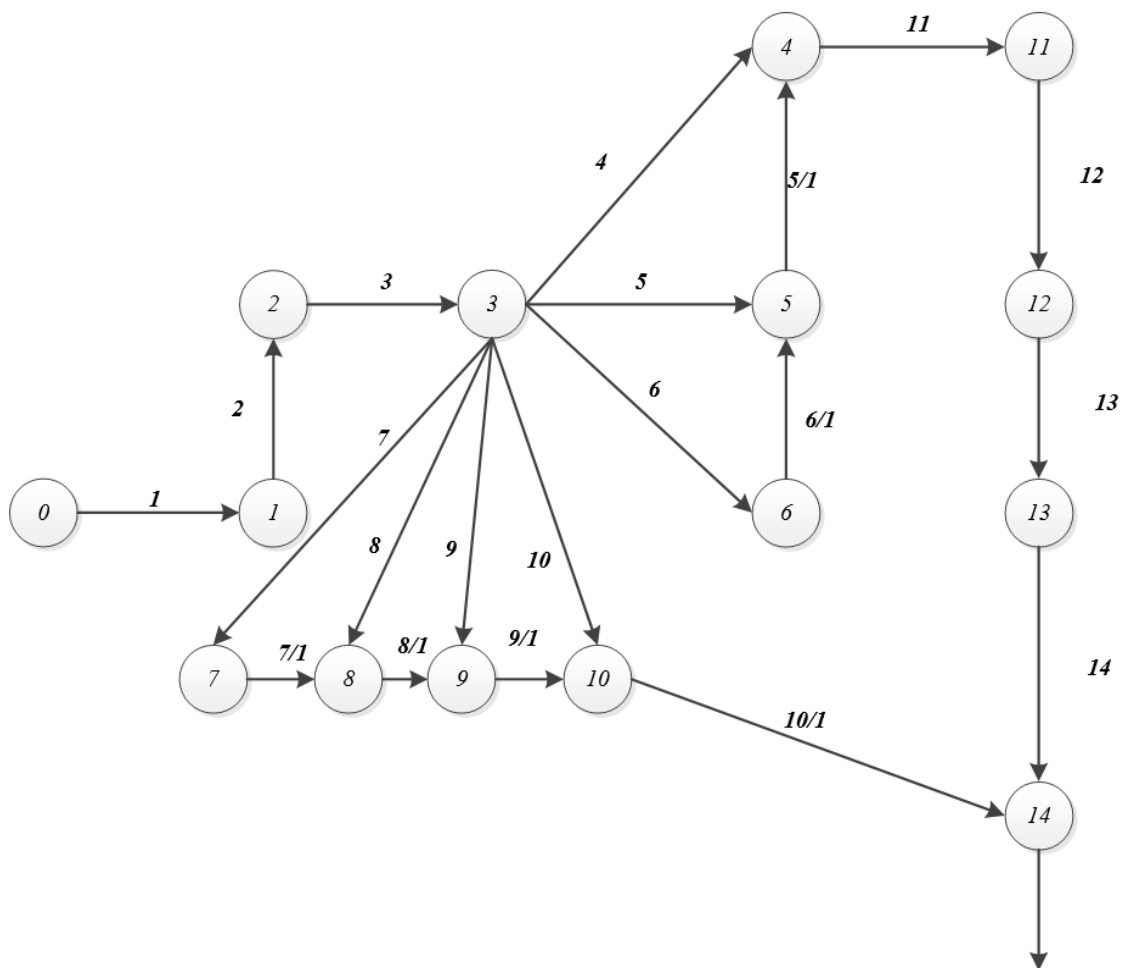


Рис. 3. Сетевой плановый график выполнения работ по регистрации БФ КО «Я помогаю жить»

Работы, отраженные в сетевом графике и в табл. 1, имеют свои порядковые номера, которые представлены на графике между соответствующими им событиями. Для графического изображения хода реализации процедуры учреждения фонда составлен график Ганта (табл. 1).

Однако расхождение во времени исполнения запланированных действий фактически началось с самого начала работы над открытием фонда. Если на изучение текущего законодательства, формирование идеи и выбора направления работы БФ КО «Я помогаю жить» (работы 1, 2) ушло 14 календарных дней как и было запланировано, то на подготовку пакета документов для его регистрации в Министерстве юстиции РФ (работа 3) ушло более пяти месяцев (табл. 2). Увеличение сроков указанных работ связано, прежде всего, со следующими факторами:

- выявлением необходимости грамотного составления учредительной документации, возникшей при изучении учредителем судебной практики в отношении других благотворительных фондов, в связи с чем устав БФ КО «Я помогаю жить» был передан на проверку и корректировку юристу, который согласился выполнить эту работу на добровольных началах;

- отсутствием возможности у учредителя оплатить работы по квалифицированной и быстрой подготовке пакета документов для регистрации благотворительного фонда; в настоящее время любой учредитель может обратиться в специализированную юридическую компанию, которая за 2-3 дня подготовит полный пакет документов, необходимых для регистрации фонда, однако цена такой услуги по Кузбассу достаточно высока и варьируется от 14 до 18,5 тыс. руб [5];

- желанием учредителя быть уверенным в том, что средства на реализацию благотворительных программ фонда будут перечислены сразу же после его открытия, для чего им были организованы и проведены деловые встречи с потенциальными меценатами; дело в том, что с первого дня регистрации любой организации, даже некоммерческой, возникает ее обязанность отчитываться в различные государственные службы (налоговая, фонд социального страхования и прочие) в строго определенных сроки, при нарушении которых следуют штрафные санкции, в связи с чем учредителю необходимо принять на постоянную работу главного бухгалтера с первого дня открытия фонда и соответственно оплачивать его труд.

Если вышеописанные факторы, повлиявшие на увеличение сроков регистрации фонда, были обусловлены конкретными желаниями учредителя, то все остальные возникли из-за

отсутствия полной и достоверной информации в открытом доступе о регламенте работы по регистрации аналогичных организаций.

В ходе изучения информации, находящейся в открытом доступе, учредитель не нашел ни одного исчерпывающего списка документов, необходимых для регистрации фонда. Все предоставленные списки были неполными и нуждались в дополнениях и корректировках, указанных в смежных подзаконных актах.

Например, на юридическом сайте Правовед.ru [6] юристом из Санкт-Петербурга опубликован полный список документов, необходимых для государственной регистрации некоммерческой организации при ее создании, в котором указана обязательность нотариального заверения подписи учредителя, в заявлении по форме № РН0001. Но, к сожалению, в статье нет пояснения того, как любой учредитель может сэкономить не только свое время при подготовке пакета документов для регистрации фонда, но и свои деньги.

Согласно Федеральному закону от 30.10.2017 г. № 312 – ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» [7], свидетельствование в нотариальном порядке подписи заявителя не требуется в случае предоставления документов непосредственно в регистрирующий

## Последовательность и продолжительность работ по регистрации благотворительного фонда (план.)

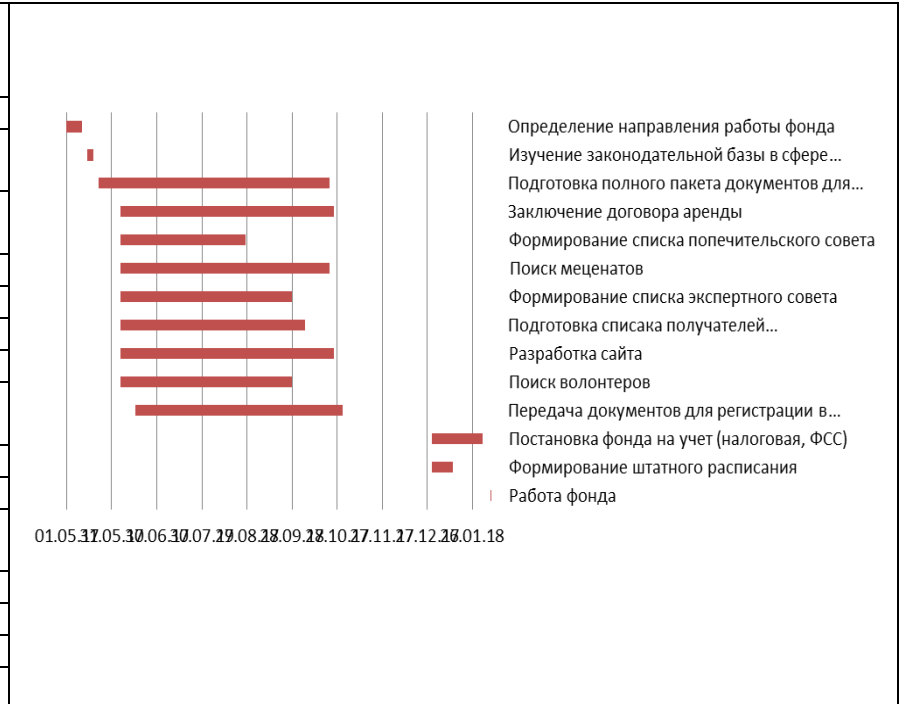
№ п/п	Работы	Дата	Продолжительность, дни
1	Определение направления работы фонда	01.05.2017	10
2	Изучение законодательной базы в сфере благотворительности	15.05.2017	4
3	Подготовка полного пакета документов для регистрации фонда	22.05.2017	18
4	Заключение договора аренды	06.06.2017	5
5	Формирование списка попечительского совета	06.06.2017	5
6	Поиск меценатов	06.06.2017	7
7	Формирование списка экспертного совета	06.06.2017	37
8	Подготовка списка получателей благотворительной помощи	06.06.2017	18
9	Разработка сайта	06.06.2017	37
10	Поиск волонтеров	06.06.2017	37
11	Передача документов для регистрации в Министерство юстиции	16.06.2017	30
12	Постановка фонда на учет (налоговая, ФСС)	31.07.2017	9
13	Формирование штатного расписания	14.08.2017	13
14	Работа фонда	01.09.2017	1

01.05.17 31.05.17 30.06.17 30.07.17 29.08.17

- Определение направления работы фонда
- Изучение законодательной базы в сфере...
- Подготовка полного пакета документов для...
- Заключение договора аренды
- Формирование списка попечительского совета
- Поиск меценатов
- Формирование списка экспертного совета
- Подготовка списка получателей...
- Разработка сайта
- Поиск волонтеров
- Передача документов для регистрации в...
- Постановка фонда на учет (налоговая, ФСС)
- Формирование штатного расписания
- Работа фонда

## Последовательность и продолжительность работ по регистрации благотворительного фонда (факт.)

№ п/п	Работы	Дата	Продолжительность, дни
1	Определение направления работы фонда	01.05.2017	10
2	Изучение законодательной базы в сфере благотворительности	15.05.2017	4
3	Подготовка полного пакета документов для регистрации фонда	22.05.2017	154
4	Заключение договора аренды	06.06.2017	142
5	Формирование списка попечительского совета	06.06.2017	83
6	Поиск меценатов	06.06.2017	139
7	Формирование списка экспертного совета	06.06.2017	114
8	Подготовка списка получателей благотворительной помощи	06.06.2017	123
9	Разработка сайта	06.06.2017	142
10	Поиск волонтеров	06.06.2017	114
11	Передача документов для регистрации в Мин. Юстиции	16.06.2017	138
12	Постановка фонда на учет (налоговая, ФСС)	30.12.2017	34
13	Формирование штатного расписания	30.12.2017	14
14	Работа фонда	07.02.2018	1



орган лично заявителем с предоставлением паспорта. Таким образом, оплата услуг нотариуса (порядка 1500 руб) не обязательна в том случае, если учредитель лично принесет документы в Министерство юстиции и предъявит свой паспорт.

Также на портале для предпринимателей Знай Бизнес.ru [8] опубликована статья «Регистрация фонда: пошаговая инструкция в 2017 году», в которой указано, что характерной особенностью благотворительного фонда является отсутствие уставного капитала. Однако, если благотворительный фонд планирует заниматься предпринимательской деятельностью, то на него распространяется действие Федерального закона от 08.02.1998 г. № 14-ФЗ (ред. от 29.07.2017 г.) «Об обществах с ограниченной ответственностью» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2017 г.) [9]. В этом случае отсутствие в уставе благотворительного фонда пункта, касающегося уставного капитала, будет являться основанием для отказа в государственной регистрации некоммерческой организации.

На портале Business, который позиционирует себя как «Лучшая помощь начинающим предпринимателям, подробная информация, изложенная в максимально доступной форме» [10], представлен «список официальных бумаг», необходимых для регистрации фонда, в котором, среди прочего, учредитель должен предоставить в регистрирующий орган информацию о юридическом адресе будущего фонда (с указанием фактического местоположения, если они разнятся) и подтверждающие право собственности документы (на помещение организации). К сожалению, в статье не только не говорится о составе информации, о необходимости определенных пунктов, прописанных в ней, но и не акцентируется внимание читателя на факте о достаточно строгом отношении Министерства юстиции к помещению под благотворительный фонд.

На самом деле, фактически, помимо договора аренды помещения под благотворительный фонд, в регистрирующий орган необходимо предоставить гарантийное письмо от собственника, в котором будет содержаться информация о том, что он знает, какой деятельностью будет заниматься фонд, он согласен и одобряет эту деятельность. Отсутствие такого письма может являться причиной для отказа в регистрации фонда.

Таким образом, методом проб и ошибок был сформирован полный и достоверный список документов, необходимых для открытия

благотворительного фонда Кемеровской области «Я помогаю жить»:

1) два экземпляра заявления о государственной регистрации юридического лица при его создании (форма Р11001);

2) три экземпляра протокола общего собрания учредителей, в котором отражено решение о создании фонда (если учредитель один, то протокол не требуется);

3) три экземпляра решения о создании фонда;

4) два экземпляра устава (прошитые и пронумерованные);

5) два экземпляра сведений об учредителях (участниках) юридического лица;

6) оригинал и копия квитанции об уплате госпошлины (4000 руб);

7) документы, подтверждающие право собственности на помещение для фонда, либо:

7.1) договор аренды;

7.2) решение (или гарантийное письмо) о согласии на предоставление в пользование Фонду части нежилого помещения арендодателя.

Впоследствии, в течение трех месяцев с даты, указанной в решении о создании фонда, все документы передаются в территориальное подразделение Министерства юстиции Российской Федерации, которое, в свою очередь, в случае положительного решения в течение 15 рабочих дней выдает свидетельство о государственной регистрации благотворительного фонда, выписку из ЕГРЮЛ и заверенный устав.

**Выводы.** В результате незнания описанных выше аспектов сроки выполнения работ 4, 5, 6, 11 (табл. 2) увеличились в десятки раз. Трудности, с которыми сталкивается учредитель при регистрации благотворительного фонда, достаточно разнообразны. Они связаны с недостатком финансовых средств у учредителя, с дефицитом его времени, но большая часть затруднений вызвана отсутствием полной и достоверной информации в открытом доступе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационный портал Министерства юстиции Российской Федерации: отчеты некоммерческих организаций [Электронный ресурс]. – Электронные данные. Минюст РФ, 2009 – 2017. – Режим доступа: <http://unro.minjust.ru/NKOReports.aspx>
2. Российская Федерация. Законы. О благотворительной деятельности и благотворительных организациях: [Федеральный закон от 11 августа 1995 г. № 135-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 33.



3. Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации: [Федеральный закон от 30.11.1994 г. № 51-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. 1994. № 32.
4. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Федеральный Закон О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей: [Федеральный закон от 30.10.2017 г. № 312-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. 2017. № 33.
5. Юридическое агентство ДОРОФЕЕВА И ПАРТНЕРЫ: г. Новокузнецк [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Новокузнецк, 2016. – Режим доступа: <http://www.usp42.com/price>
6. Правовед.ru [Электронный ресурс] / Константин Жуков. – Электронные данные. – СПб., 2011 – 2017. – Режим доступа: <https://pravoved.ru/question/10584/>
7. Российская Федерация. Законы. Об обществах с ограниченной ответственностью (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2017): [Федеральный закон от 08.02.1998 г. № 14-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. 2001. № 33.
8. ЗнайБизнес ру [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – 2017. – Режим доступа: <http://znaybiz.ru/forma/ooo/procedura/stoimost.html>
9. Российская Федерация. Законы. О некоммерческих организациях: [Федеральный закон от 12 января 1996 г. № 7-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 3.
10. Business [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – 2017. – Режим доступа: <http://fbm.ru/kak-sozdat-svojj-biznes/poshagovaya-instrukciya-po-sozdaniyu-bla.html>

© 2018 г. Е.С. Блохина  
Поступила 6 февраля 2018 г.

*А.С. Батищева, В.А. Быстров*

**Сибирский государственный индустриальный университет**

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В КУЗБАССЕ**

Кузбасс – один из крупнейших индустриальных регионов России. В силу промышленной направленности экономики Кузбасса главными видами производства являются добыча угля, металлургическое производство и химическая промышленность. Представленные виды экономической деятельности относятся к категории наиболее травмоопасных и вредных производств [1 – 3].

В трудовом кодексе РФ понятие «производственная травма» не обозначено, в нем говорится о несчастном случае на производстве. С юридической точки зрения «производственный травматизм» – численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1 тыс. работающих. Условия труда, характерные для получения травм, и классы

производственной среды по травмобезопасности представлены на рис. 1 [2 – 4].

В результате проведенных мер в Кузбассе за последние 11 лет удалось достичь значительно (почти в 2,6 раза) снижения уровня травматизма на производстве и обеспечить системный подход к решению вопросов охраны труда. Несмотря на положительные результаты, достигнутые в области охраны труда, производственный травматизм все же остается на высоком уровне. В Кузбассе ежегодно более 3000 человек получают производственные травмы и профессиональные заболевания, а уровень производственного травматизма превышает средний по России более, чем в два раза.

Классификация и степени производственного травматизма по статистическим данным в Кузбассе представлены в табл. 1 и 2 [2 – 4].

### **Характеристика условий труда по травмобезопасности**

Травмы могут быть получены в результате:

- воздействия на работающих движущегося оборудования;
- незапланированного взаимодействия работающих с неподвижными элементами рабочего места при наличии относительной скорости, достаточной для нанесения травмы;
- прохождения электрического тока через организм работающего или воздействия электрической дуги;
- воздействия агрессивных и ядовитых химических веществ;
- воздействия нагретых элементов оборудования, перерабатываемого сырья и др.;
- падения работающего с высоты;
- падения на работающего с высоты различных предметов.

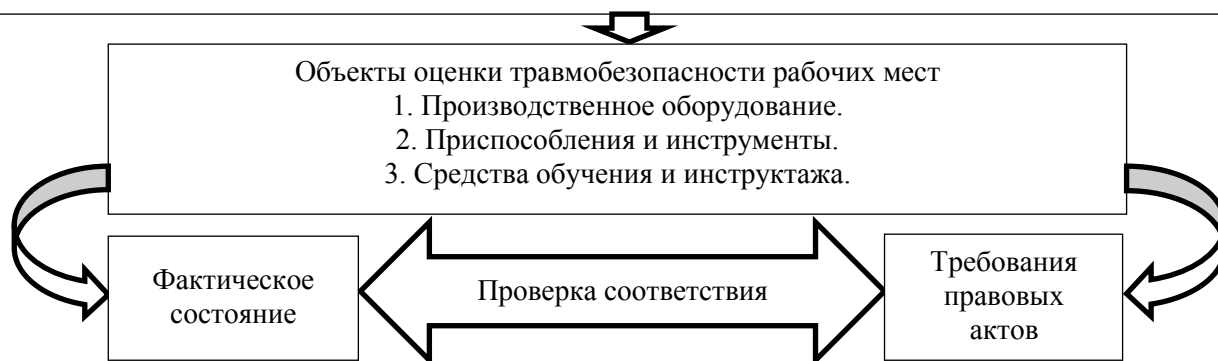


Рис. 1. Характеристика условий труда по травмобезопасности

## Классификация условий труда по травмобезопасности

Классы условий труда по травмобезопасности			
1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
<u>Оптимальные условия</u>	<u>Допустимые условия</u>	<u>Вредные условия</u>	<u>Опасные условия</u>
1. Оборудование и инструмент исправны (полностью соответствуют нормативным правовым актам). 2. Средства защиты установлены и исправны. 3. Средства обучения и инструктажа в наличии и составлены в соответствии с установленными требованиями.	Повреждены и неисправны средства защиты, не снижающие их защитных функций (частичное загрязнение сигнальной окраски, ослабление отдельных крепежных деталей и т.п.).	Уровни воздействия вредных производственных факторов превышают уровни, установленные гигиеническими нормативами условий труда, включая подклассы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.	1. Отсутствуют или не выполняют защитные функции, предусмотренные конструкцией оборудования, средства коллективной защиты, неисправен инструмент. 2. Отсутствуют средства обучения и инструктажа либо имеющиеся средства составлены некачественно, без учета установленных требований, нарушены условия их пересмотра.

Проблемами производственного травматизма занимаются многие ученые и специалисты во всем мире. Отечественные специалисты уделяют большое внимание анализу состояния производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в процессе выполнения вредных и опасных работ [4 – 6]. Зарубежные авторы, например, М. Мескон и Ф. Котлер подходят к этому вопросу с позиций управления производственным процессом [7, 8]. Другие авторы рассматривают эту проблему как инвестиции в человеческий капитал, считая процесс снижения травматизма и сохранение здоровья персонала как элемент роста производительности труда [9 – 12]. На взгляд авторов настоящей работы обе позиции верны, однако многое зависит от организации и регулярной аттестации рабочего места [13 – 15].

Анализ причин и условий возникновения несчастных случаев с тяжелыми последствиями на производстве в Кузбассе в 2016 году выделил десять основных причин (рис. 2).

На первом месте – причины личного характера, то есть проблемы так называемого «человеческого фактора». Целесообразно рассмотреть значения показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости за 2014 – 2017 гг., которые представлены в табл. 3 [1 – 4].

Проанализировав все данные, можно заметить положительную динамику снижения при-

веденных показателей, однако за четыре года она оказалась незначительной. Это еще раз подтверждает тот факт, что производственный травматизм с утратой трудоспособности все еще остается на высоком уровне.

Из представленных данных по Кузбассу видно, что больше всего производственный травматизм встречается на предприятиях угольной, химической и металлургической промышленности. Одним из примеров может служить нарушение нормативных показателей на предприятии ПАО «Южный Кузбасс». Согласно представленным материалам аттестации рабочего места в 2016 г. на рабочих местах было выявлено большое количество нарушений в области вибрации и шума на производстве. Эти показатели превышали предельно допустимые уровни (ПДУ) и не соответствовали нормативным требованиям. Таким образом, условия труда на рабочем месте можно классифицировать как вредные I степени, что может повлечь за собой возникновение профессиональных заболеваний.

В качестве основополагающих мероприятий [4 – 6] по предотвращению травматизма и профессиональной заболеваемости целесообразно принять следующие меры [13 – 15]:

- профессиональная переподготовка, повышение квалификации, обучение охране труда работников, в том числе по общим вопросам

## Уровень производственного травматизма по данным Росстата

Территория	Уровень травматизма, %, в расчете на 1 тыс. работающих в отрасли				
	Годы				
	2012	2013	2014	2015	2016
Российская Федерация	2,7	2,5	2,1	2,2	1,9
Кемеровская область	5,4	4,9	4,0	4,87	4,85

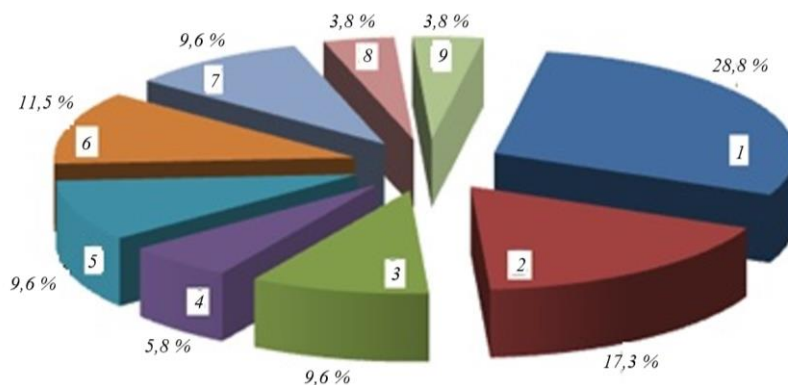


Рис. 2. Причины несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями (указаны в %): 1 – личная неосторожность пострадавших; 2 – нахождение в зоне работающего оборудования; 3 – неподготовленность рабочего места; 4 – допуск к работе необученного лица; 5 – применение опасных приемов труда; 6 – неприменение средств индивидуальной защиты; 7 – выполнение непорученной работы; 8 – работа в состоянии алкогольного опьянения; 9 – ДТП

аттестации рабочих мест по условиям труда в «Кузбасском региональном институте развития профессионального образования» или в Учебном центре охраны труда и промышленной безопасности «СибГИУ» (стоимость обучения на одного человека 27 500 руб.);

- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда на предприятиях угольной, химической и металлургической промышленности;

- разработка проекта, введение в действие и осуществление эксплуатации на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области» регионального мониторинга по гигиенической оценке, условиям труда шахтерских профессий, работников угольных разрезов и обогатительных фабрик;

- использование средств индивидуальной защиты, отвечающих последним требованиям XXI века;

- установление на производстве датчиков безопасности труда (пожарная безопасность, датчики газа);

- подготовка и издание ежегодного регионального обзора «О состоянии условий и охраны труда в Кемеровской области».

В целях реализации государственной политики в области охраны труда по сохранению жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности Коллегия Администрации Кемеровской области Постановлением № 534 от 29 декабря 2014 года внесла изменения в утвержденную долгосрочную целевую программу «Улучшение условий и охраны труда, профилактика профессиональной заболеваемости в Кемеровской области» на 2014 – 2018 годы».

Общий объем средств, выделенных на реализацию Программы на 2014 – 2018 годы, составляет 32 млн. рублей. Финансирование Программы осуществляется в порядке, установленном Коллегией Администрации Ке-

меровской области [1 – 4]. На официальном сайте Кузбасского регионального Института Повышения квалификации и Переподготовки Работников образования [2] должна периодически размещаться информация о работе Центра Комплексной безопасности образовательного учреждения по реализации Долгосрочной целевой программы «Улучшение условий и охраны труда, профилактике профессиональной заболеваемости в Кемеровской области» на 2014 – 2018 годы.

Эта программа распространена только на государственные и муниципальные организации, поэтому целесообразно проанализировать эффективность ее применения на частных предприятиях. Можно обратиться к вышеприведенному примеру ПАО «Южный Кузбасс». Как и в любой организации, идет перераспределение полученной чистой прибыли на работу с персоналом и на работу с местным сообществом. Затраты на охрану труда являются частью внутренних социальных программ, которые относят к затратам на работу по развитию персонала. Следовательно, можно рассчитать, на какую сумму и за какой срок окупятся мероприятия по предотвращению травматизма и профессиональной заболеваемости.

Для начала необходимо определить средние затраты на осуществление части мероприятий. Численность персонала предприятия составляет 8588 человек, из них 1372 рабочих места исследовали специалисты лаборатории ПАО «Южный Кузбасс»: они соответствуют вредным условиям труда I степени. Именно в направлении их совершенствования и необходимо применять предлагаемые мероприятия.

Проведение аттестации рабочего места по условиям труда в среднем составляет 750 руб., стоимость использования средств индивидуальной защиты на одного рабочего в среднем 4500 руб., установление на производстве

## Показатели производственного травматизма за 2014 – 2017 гг.

Показатель	Годы			
	2014	2015	2016	2017
Численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве со смертельным исходом, человек	90	89	87	84
Численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более, человек	2280	2274	2270	2250
Численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1 тыс. работающих, %	3,0	2,9	2,8	2,8
Численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве со смертельным исходом в расчете на 1 тыс. работающих, %	0,141	0,139	0,138	0,136
Количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве в расчете на 1 пострадавшего, дней	83,0	82,9	82,5	82,2
Численность работников с установленным предварительным диагнозом профессионального заболевания по результатам проведения обязательных периодических медицинских осмотров, человек	2160	2152	2155	2145
Численность лиц с установленным в текущем году профессиональным заболеванием в расчете на 10 тыс. работающих, %	14,0	13,6	13,1	11,0
Численность первично вышедших на инвалидность по трудовому увечью в расчете на 10 тыс. работающих, %	4,9	4,82	4,85	4,80

датчиков безопасности труда составит в среднем 1 млн. руб. (200 датчиков). Период окупаемости инвестиций является одним из главных факторов при оценке эффективности того или иного проекта.

$$PP = K_0 / ПЧ_{ср}$$

где PP – срок окупаемости, выраженный в годах;  $K_0$  – сумма вложенных средств;  $ПЧ_{ср}$  – чистая прибыль в среднем за год (за 2016 год – 7 813 977 руб.).

Проведем расчет:

$$K_0 = (27\,500 \cdot 1\,372) + (750 \cdot 1\,372) + (4\,500 \cdot 1\,372) + (200 \cdot 5\,000) = 45\,933\,000 \text{ руб.}$$

$$PP = 45\,933\,000 / 7\,813\,977 = 5 \text{ лет.}$$

Какой-либо конкретной оценки эффективности и срока окупаемости в настоящее время нет. Эффективные высокобюджетные проекты могут иметь срок окупаемости, доходящий до пяти лет и более. В проведенных расчетах получен оптимальный срок для устранения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятии ПАО «Южный Кузбасс», а значит, мероприятия принесут благоприятный эффект.

**Выводы.** Реализация предложенных мероприятий потенциально способна снизить уровень производственного травматизма, в том числе смертельного, численность занятых во

вредных и опасных условиях труда и уровень профессиональной заболеваемости работников не только в муниципальных и государственных организациях, но и на частных предприятиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коллегия Администрации Кемеровской области, база данных за 2014 – 2017 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ako.ru/Official/kollegia.asp?n=3> (дата обращения 23.11.2017).
2. Образовательный сайт Кузбасского регионального ИПК и ПРО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipk.kuz-edu.ru/index.php> (дата обращения 23.11.2017).
3. Савенко П.П. Охрана труда [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.П. Савенко. – Электрон. дан. – М.: Лаборатория книги, 2012. С. 27-30. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/191641> (дата обращения 23.11.2017)
4. Шевченко Л.А., Шматова А.В., Яппарова Г.К. Анализ состояния производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Кемеровской области. – В кн.: Сборник трудов V Международной НПК. – Прокопьевск: Филиал ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 2016. С. 247 – 252.

5. Быстров В.А., Новиков Н.И., Дьяков П.К. Социальные основы управления персоналом организации. – В кн.: Социальные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов в России и за рубежом. – Международное издательство "Science & Innovation Center", St.Louis, Missouri, USA. 2013. – 174 с.
6. Баскакова Т.В., Быстров В.А. Гуманизация труда по принципу «5С» как способ повышения эффективности производства. – В кн.: Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2011) Труды международной НПК. Т. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2011. С. 436 – 444.
7. Michael H. Mescon, Michael Albert, Franklin Khedouri Management – Hardcover, Published by Harper Collins Publishers, 2007. – 777 p.
8. Phillip Kotler. A framework for marketing management Second Edition Prentice. – Hall Upper Saddle River, New Jersey, 2006 – 464 p.
9. Amaefule E.F. Human capital accounting: should employees be classified as assets? // Journal of Business and Public Policy. 2008. No. 2 (1). P. 56 – 76.
10. Meyer M. Why are your subordinates are assigned to work has its rewards? // IVF. 2003. No. 4. P. 12 – 16.
11. Ogunsaju O.V. To human capital management for effective corporate governance. Paper presented at a Workshop titled: Corporate Governance for Sustainable National Development, April New York, 2006. P. 6 – 12.
12. Johnston R.E., Douglas J. The power of strategy innovation for management personnel's; Amason, New York, 2003. P. 6 – 12.
13. Баскакова Т.В., Быстров В.А. Современные подходы в организации рабочих мест литейного производства (ДЛП) ОАО «РУСАЛ – Новокузнецк» // Вестник РАЕН (ЗСО). 2011. № 13. С. 111 – 117.
14. Баскакова Т.В., Борисова Т.Н., Быстров В.А. Оценка организации труда на ЗАО «ЦОФ Щедрухинская» // Вестник РАЕН ЗСО. 2015. № 17. С. 176 – 181.
15. Баскакова Т.В., Борисова Т.Н., Быстров В.А. Совершенствование организации труда на обогатительной фабрике // Вестник СибГИУ. 2016. № 2. С. 63 – 66.

© 2018 г. Батищева А.С., Быстров В.А.  
Поступила 1 марта 2018 г.

## ПОЗДРАВЛЕНИЯ

### ЖУРНАЛУ «ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ» – 60 ЛЕТ



В январе 1958 года в городе Сталинске (ныне Новокузнецк Кемеровской области) вышел первый номер журнала «Известия высших учебных заведений. Черная металлургия». В 2018 году журнал отмечает свой 60-летний юбилей, поэтому интересно напомнить некоторые этапы истории этого издания.

60 лет назад, в послевоенные годы, велось интенсивное восстановление разрушенного войной народного хозяйства. Вполне понятно, что была крайняя необходимость в научно-технических и экспериментальных исследованиях, в работах проблемного характера, которые вели ученые различных научных, исследовательских и учебных институтов совместно с производственниками или независимо от них. Столь же остро необходимым было расширение возможностей публикации результатов этих работ. В связи с этим было принято решение рекомендовать Госкомиздату СССР совместно с Минвузом СССР издание серии журналов «Известия высших учебных заведений СССР» по 15 различным направлениям, в том числе и журнал «Известия высших учебных заведений. Черная металлургия».

Издание журнала было поручено Сибирскому металлургическому институту (СМИ), ныне носящему название ФГБОУ ВО «Сибир-

ский государственный индустриальный университет».

С целью расширения связи формирующегося журнала с другими вузами и регионами институт привлек в состав редколлегии известных ученых. Так, например, в состав редколлегии были включены профессор А.Д. Готлиб (ДМетИ), профессора А.А. Горшков и О.А. Есин (УПИ), Н.Е. Скороходов (ректор МГМИ) и др.

С первых же номеров в журнале публиковались статьи ученых различных вузов страны, имена которых были широко известны: это М.А. Глинков, Ю.В. Грдина, В.А. Кожеуров, В.И. Баптизманский, В.П. Елютин и др. Кроме статей, отражающих научные и технические результаты исследований по различным специализациям, в журнале был создан раздел научной информации, в котором печатались обобщенные сведения по специальным научным направлениям, сообщения о прошедших научных конференциях и т.п. материалы.

Вследствие жестких полиграфических трудностей печатание журнала с 1960 г. поручили типографии московского издательства «Металлургиздат». Подготовку журнала к печати (его научное и техническое редактирование) стали осуществлять силами двух редакций: шесть нечетных номеров готовились редакцией при Московском институте стали и

сплавов (МИСиС), шесть четных номеров готовила редакция при Сибирском металлургическом институте. Главным (ответственным) редактором журнала был назначен профессор МИСиС С.И. Филиппов, а И.С. Назаров стал заместителем главного редактора по Сибирской редакции.

За 60 лет своего существования журнал никогда не изменял своим традициям, сохранил свое лицо и по-прежнему достойно представляет на своих страницах лучшие научные разработки по черной металлургии и смежным направлениям. Его высокий рейтинг позволил ВАКу включить журнал в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора или кандидата наук. А с 2017 г. после колоссальной работы проделанной под руководством академика Леонтьева Л.И. и Юсфина Ю.С. по вхождению журнала в международную реферативную базу данных Scopus, была получена положительная оценка экспертов CSAB, журнал вошел в международную базу данных Scopus. В заключении экспертной комиссии отмечены следующие аспекты: журнал придерживается убедительной редакционной политики; журнал публикует оригинальные материалы высокого качества, относящиеся к его области; журнал хорошо цитируется другими изданиями; материалы журнала легко доступны через интернет.

Такой высокой оценке в научных кругах журнал во многом обязан активной работе редакционной коллегии и, конечно же, главным редакторам: И.С. Назарову, С.И. Филиппову, П.М. Масловскому, Н.В. Толстогузову, В.А. Григоряну, С.М. Кулакову, Ю.С. Юсфину, Л.И. Леонтьеву, Е.В. Протопопову.

Огромный авторитет журнала «Изв. вуз. Черная металлургия» способствовал тому, что с 1993 года лучшие статьи, опубликованные на его страницах и в журнале «Сталь», пройдя экспертный отбор, переводятся на английский язык издательством Allerton Press (США) и издаются в журнале «Steel in Translation». Начиная с 2008 года наряду с этим распространяется электронная версия журнала ком-

панией Springer, имеющей собственную всемирную сеть распространения научных журналов среди консорциумов библиотек.

У журнала сложился свой авторский коллектив. За 60 лет существования журнала на его страницах было опубликовано более 35000 статей. Многие известные ученые начинали публиковаться в журнале «Изв. вуз. Черная металлургия», а сегодня уже их аспиранты и ученики отдают предпочтение этому изданию. Наш журнал не только информирует своих читателей о результатах работ проблемного характера в области металлургического производства, но и помогает осмыслить, проанализировать современное состояние уровня научных исследований по различным направлениям металлургии. Можно сказать наш журнал – своеобразный мостик между теорией и ее воплощением.

Как и ранее, в журнале публикуются статьи, поступающие от ученых разных стран. Если раньше журнал носил статус всесоюзного, то теперь – международного. Много статей написано совместно российскими и зарубежными учеными. Это еще раз подтверждает то, что журнал является одним из ведущих в отрасли.

В настоящее время портфель редакции стабильно заполнен, в нем по-прежнему публикуются материалы с интересной и важной тематикой.

Отмечая 60-летие журнала, члены редакционной коллегии, сотрудники редакций думают о новых формах работы с авторами, путях дальнейшего улучшения качества журнала в соответствии с требованиями современной жизни.

Редакционная коллегия журнала «Вестник СибГИУ» сердечно поздравляет своих коллег с замечательным юбилеем – 60-летием со дня выпуска первого номера журнала. Желаем коллективу редакции дальнейших творческих успехов, основу которых составляет плодотворное сотрудничество с образованием, наукой и производством.

*Ректор СибГИУ, профессор  
Е.В. Протопопов*



## РЕФЕРАТЫ

УДК 621.791:624

Исследование качества металла, наплавленного порошковыми проволоками системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo / А.А. Усольцев, Н.В. Кибко, Н.А. Козырев, Л.П. Башченко, А.И. Гусев // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 4.

Изучено влияние введения вольфрама и кобальта в состав порошковых проволок системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo на износостойкость и твердость наплавленного металла. С использованием порошкообразных материалов и пыли газоочистки алюминиевого производства в качестве углеродсодержащего материала в лабораторных условиях изготовлены образцы порошковых проволок. Осуществлена наплавка под флюсом и проведено определение химического состава, твердости, скорости истирания наплавленного металла, а также проведен металлографический анализ наплавленного слоя (определены размер игл мартенсита, величина бывшего зерна аустенита, загрязненность неметаллическими включениями). В результате металлографических исследований установлено, что структура исследуемых наплавленных слоев представляет собой мелко- и среднеигльчатый мартенсит с тонкими прослойками  $\delta$ -феррита. Введение вольфрама и кобальта в шихту порошковых проволок способствует незначительному измельчению игл мартенсита и уменьшению величины первичного зерна аустенита. Уровень загрязненности наплавленного металла неметаллическими включениями не меняется при введении в порошковую проволоку вольфрама и кобальта. Установлено влияние изменения химического состава на степень износа и твердость наплавленного металла, предложен механизм износа. Табл. 3. Ил. 3. Библ. 14.

**Ключевые слова:** сварка, флюс, шлак, порошковая проволока, наплавка, микроструктура, твердость, износостойкость.

Investigation of the quality of metal welded with flux cored wires of Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo system / A.A. Usol'tsev, N.V. Kibko, N.A. Kozyrev, L.P. Bashchenko, A.I. Gusev // Bulletin of SiSIU. – 2018. – № 1 (23). – С. 4.

Influence of introduction of tungsten and cobalt in composition of flux cored wires of Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo system on wear resistance and hardness of deposited metal is studied. Using powder materials and dust of aluminum production gas purification as a carbon-containing material in laboratory conditions samples of flux cored wires are made. Surfacing under the flux was carried out and chemical composition, hardness, and attrition rate of weld metal were determined, and metallographic analysis of deposited layer was carried out (size of martensite needles, size of former austenite grain, contamination with nonmetallic inclusions were determined). As a result of metallographic studies, it has been established that structure of investigated deposited layers is fine- and medium-acicular martensite with thin interlayers of  $\delta$ -ferrite. Introduction of tungsten and cobalt into the burden of flux cored wires facilitates an insignificant grinding of martensite needles and decrease in the value of primary austenite grain. Level of contamination of weld metal with nonmetallic inclusions does not change when tungsten and cobalt are introduced into the flux cored wire. The influence of change in chemical composition on degree of wear and hardness of weld metal is established, and wear mechanism is proposed. Table 3. Fig. 3. Ref. 14.

**Keywords:** welding, flux, slag, flux-cored wire, surfacing, microstructure, hardness, wear resistance.

УДК 621.791:624

Изучение структуры и свойств вольфрамсодержащего наплавленного слоя / Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, В.М. Шурупов, Р.Е. Крюков, А.А. Уманский // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 10.

Изучено влияние введения в состав порошковой проволоки вольфрама и вольфрамового концентрата на микроструктуру и микротвердость структурных составляющих наплавленного ею слоя. При введении вольфрамового концентрата отмечено значительное уменьшение величины бывшего зерна аустенита в структуре наплавленного слоя порошковой вольфрамсодержащей проволокой типа Н. Использование вольфрамового концентрата обеспечивает незначительное измельчение игл мартенсита и уменьшение величины первичного зерна аустенита в структуре наплавленного слоя порошковой вольфрамсодержащей проволокой типа Е и повышение микротвердости мартенсита на 14 %. Исследован характер неметаллических включений в наплавленном слое. Показано, что использование вольфрамового концентрата не повышает загрязненность наплавленного металла неметаллическими включениями. Табл. 2. Ил. 3. Библ. 14.

**Ключевые слова:** сварка, флюс, наплавка, микроструктура, порошковая проволока.

Study of structure and properties of tungsten-containing deposited layer / N.A. Kozyrev, N.V. Kibko, V.M. Shurupov, R.E. Kryukov, A.A. Umanskiy // Bulletin of SibSIU. – 2018. – № 1 (23). – С. 10.

Effect of introducing tungsten and tungsten concentrate into the composition of flux cored wire on microstructure and microhardness of structural components of layer deposited on it has been studied. With introduction of tungsten concentrate, a significant decrease in the value of former austenite grain in structure of welded layer by flux cored tungsten-containing wire of N type was noted. The use of tungsten concentrate provides for a small grinding of martensite needles and decrease in value of primary austenite grain in structure of welded layer by flux cored tungsten-containing wire of E type and an increase in microhardness of martensite by 14%. Nature of nonmetallic inclusions in deposited layer is studied. It is shown that use of tungsten concentrate does not increase contamination of weld metal with nonmetallic inclusions. Table 2. Fig. 3. Ref. 14.

**Keywords:** welding, flux, surfacing, microstructure, flux cored wire.

УДК 621.643:628.147.22

От кибернетики к синергетике и новым металлургическим технологиям / Цымбал В.П. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 16.

Рассмотрен генезис представлений Н. Винера, приведших к созданию кибернетики как общесистемной науки, его отношение к статистической механике У. Гиббса и термодинамике, физический взгляд на энтропию и ее роль в эволюции природы и общества, взгляд на «мыслящую материю» как альтернативу энтропии, интересные мысли о самоорганизации «островков порядка» из хаоса. Дано сжатое изложение философско-методологического подхода школы И. Пригожина к проблемам самоорганизации на основе второго начала термодинамики и попыток вскрытия его внутреннего (молекулярного) механизма. Представлен пример применения рассмотренного подхода при создании нового металлургического процесса. Ил. 5. Библ. 12.

**Ключевые слова:** кибернетика, синергетика, термодинамика, самоорганизация, хаос, порядок, методологический подход, диссипативные структуры, металлургический процесс.

From cybernetics to synergetics and new metallurgical technologies / Tsymbal V.P. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 16.

The genesis of N. Wiener's ideas that led to creation of cybernetics as a systemic science, its relation to statistical mechanics of W. Gibbs and thermodynamics, physical view of entropy and its role in evolution of nature and society, view of "thinking matter" as an alternative to entropy, interesting thoughts about self-organization of "islands of order" from chaos is considered. Brief presentation of philosophical and methodological approach of I. Prigozhin school to problems of self-organization based on the second law of thermodynamics and attempts to reveal its internal (molecular) mechanism is given. An example of application of the approach in new metallurgical process creation is considered. Fig. 5. Ref. 12.

**Keywords:** cybernetics, synergetics, thermodynamics, self-organization, chaos, order, methodological approach, dissipative structures, metallurgical process.

УДК 622.7-042.4:549.08

Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения руд / Н.А. Королёв, М.К. Венгер, И.А. Королёв, А.А. Возная // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 27.

Рассмотрены основные методы технологической минералогии. На примерах показано их применение и значимость в практике обогащения полезных ископаемых, отмечены преимущества и ограничения каждого метода, представлены направления дальнейших исследований. Ил. 5. Библ. 8.

**Ключевые слова:** технологическая минералогия, обогащение руд, минеральное сырье.

Use of technological mineralogy in development of ore treatment schemes / N.A. Korolev, M.K. Venger, I.A. Korolev, A.A. Voznaya // Bulletin of SibSIU. – 2018. – № 1 (23). – С. 27.

The article describes main methods of process mineralogy. Examples from all over the world show practical implementation of these methods and their importance for mineral processing practice. Advantages and limitations of each method are mentioned as well as directions for further research. Fig. 5. Ref. 8.

**Keywords:** technological mineralogy, ore treatment, mineral raw materials.

УДК 536.66:622.61

Методика выбора металлургического топлива / В.В. Стерлигов, Е.С. Татарина, И.В. Чикурова // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 32.

Рассмотрена методика выбора металлургического топлива. Найден общий способ определения теплотворной способности различных видов топлив. Этот способ позволяет дать комплексную оценку топлива. Доказано, что углеродный потенциал топлива можно оценивать независимо от его физического состояния. Табл. 2. Библ. 7.

**Ключевые слова:** топливо, эмиссия углекислоты, комплексная оценка топлива, углеродный потенциал топлива.

Method of metallurgical fuel selection/ Sterligov V.V., Tatarinova E.S., Chikurova I.V. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 32.

Method of metallurgical fuel selection is considered. General method for determining thermal conductivity of various fuels has been found, providing possibility of its comprehensive evaluation. It is proved that carbon potential of fuel can be evaluated regardless of its various physical substances. Table 2. Ref. 7.

**Keywords:** fuel, carbon dioxide emissions, integrated fuel estimation, carbon potential of fuel.

УДК 620.193 + 541.138.2

Потенциодинамическое исследование сплава  $SSuZ$ , легированного кальцием в среде электролита  $NaCl$  / О.Х. Ниёзов, И.Н. Ганиев, Н.М. Муллоева, С.У. Худойбердизода // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 36.

Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение сплава свинца с сурьмой ( $SSuZ$ ), легированного кальцием. Показано, что стационарный электродный потенциал коррозии этого сплава с ростом концентрации кальция в сплаве изменяется незначительно, а с концентрацией хлорид-иона изменяется в положительном направлении оси ординат. Потенциалы репассивации и питтингообразования сплавов по мере роста концентрации хлорид-иона в электролите уменьшаются. Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии сплавов с ростом концентрации хлорид-иона растет, а с увеличением содержания кальция уменьшается в 1,5 раза.

**Ключевые слова:** сплав свинца с сурьмой ( $SSuZ$ ), кальций, потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, потенциал коррозии, скорость коррозии.

Potentiodynamic study of  $SSuZ$  alloy alloyed with calcium in  $NaCl$  electrolyte medium / O.Kh. Niezov, I.N. Ganiev, N.M. Mulloeva, S.U. Khudoiberdizoda // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 36.

Potentiostatic method in potentiodynamic mode at a speed of scanning potential 2 mV / s investigated anodic behavior of lead-antimony alloy (secondary vocational) doped with calcium. It is shown that the free corrosion

potential of the lead-antimony alloy with calcium to increase the concentration of the latter in the alloy varies slightly, and with a chloride ion concentration changes in the positive direction of the ordinate. Corrosion current density and thus the corrosion rate of alloys with increasing chloride ion concentration increases, and with increasing calcium content - is reduced by 1.5 times.

**Keywords:** lead alloy with antimony (lead-antimony), calcium, potentiostatic method, electrochemical corrosion, corrosion potential, the corrosion rate.

УДК 378.147:72

Архитектурный чертёж как средство профессиональной коммуникации / Ю.К. Осипов, В.В. Шевченко, А.Н. Бричев // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 46.

Исследованы коммуникативные возможности архитектурного чертежа на стадии обучения в архитектурной школе и в профессиональной среде. Ил. 3. Библ. 5.

**Ключевые слова:** архитектура, чертёж, коммуникация, графика, обучение.

Architectural drawing as a means of professional communication / Y.K. Osipov, V.V. Shevchenko, A.N. Brichev // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 46.

Studied communicative opportunities of architectural drawing at the stage of learning in architectural and professional school Wednesday. Fig. 3. Ref. 5.

**Keywords:** architecture, drawing, communication, graphics, tutorials.

УДК 334.012.46:005.8

Некоторые проблемы государственной регистрации благотворительного фонда / Е.С. Блохина // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 52.

Проведено сравнение планового и фактического сетевых графиков выполнения работ по регистрации благотворительного фонда в Кемеровской области, представлена диаграмма Ганта. Установлены и описаны причины различия плановых и фактических графиков в части сроков выполнения работ, которые сводятся к субъективным факторам, зависящим от конкретного учредителя, и объективному отсутствию достоверной и полной информации в свободном доступе. Ил. 3. Табл. 2. Библ. 10.

**Ключевые слова:** благотворительный фонд, благотворительность, федеральный закон, учредитель фонда, устав, документы, регистрация юридического лица, информация.

Some problems of state registration of a charitable foundation / E.S. Blokhina // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 52.

The results of comparing the planned and actual performance of works under the network schedule of setting up a charity fund in Kemerovo region, presented graphically by using a Gantt chart, are analyzed. The reasons of their difference in meeting the deadlines, which are associated with human factors depending on the particular founder and the objective lack of reliable and complete information in free access, are established and described. Fig. 3. Table 2. Ref. 10.

**Keywords:** charity fund, charity, federal law, founder of a fund, charter of a fund, documents, incorporation, information.

УДК 658.346 (571.17)

Анализ состояния и проблемы производственного травматизма в Кузбассе / Батищева А.С., Быстров В.А. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 1 (23). – С. 59.

Рассматривается одна из важнейших проблем социально-экономического развития Кузбасса – производственный травматизм в процессе работы, влекущий за собой профессиональную заболеваемость работников. Приведены статистические данные производственного травматизма за последние пять лет. На основе представленной информации предложены мероприятия по профилактике профессиональной заболеваемости для предприятий Кузбасса. Реализация предложенных мероприятий потенциально способна снизить уровень производственного травматизма, численность занятых во вредных и опасных условиях труда и уровень профессиональной заболеваемости работников на предприятиях. Табл. 3. Ил. 2. Библ. 15.

**Ключевые слова:** производственный травматизм, условия труда, профессиональная заболеваемость, инвестиции в человеческий капитал.

Analysis of the status and problems of industrial injuries in Kuzbass / Batisheva A.S., Bystrov V.A. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 1 (23). – P. 59.

The article is devoted to one of the most important problems of socio-economic development of Kuzbass - industrial injuries in the course of work entailing occupational disease of workers. Statistics of occupational injuries for the past five years is provided. Based on the information provided, activities for the prevention of occupational diseases for the enterprises of Kuzbass are proposed. Implementation of the proposed activities has the potential to reduce level of industrial injuries, number of persons engaged in harmful and dangerous conditions and the level of occupational morbidity of workers in enterprises. Table 3. Fig. 2. Ref. 15.

**Keywords:** accidents at work, working conditions, occupational morbidity, investment in human capital.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

Металлургия и материаловедение.

Горное дело и геотехнологии.

Машиностроение и транспорт.

Энергетика и электротехнологии.

Химия и химические технологии.

Архитектура и строительство.

Автоматизация и информационные технологии.

Экология и рациональное природопользование.

Экономика и управление.

Образование и педагогика.

Гуманитарные науки.

Социальные науки.

Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и экспертное заключение.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять два экземпляра текста статьи на бумажном носителе, а также на электронном. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и скан-копии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте на e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru.

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75x75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов \*.bmp, \*.jpg, \*.gif, \*.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи пространственных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (\*.xls, \*.vsd и др.). На обратной стороне ри-

сунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс / Мелкий индекс» («Subscript / Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и E-mail). Необходимо указать с кем вести переписку.

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: 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, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, ФИО авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложно-

го рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ ([www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»)).

Над номером работали

Темлянцев М.В., *главный редактор*

Новичихин А.В., *ответственный секретарь*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*