

**Секция «Актуальные проблемы инноватики»,  
научный руководитель – Волкова О.С., канд. хим. наук, доцент**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕРТЕРА  
ПО ФАЙНШТЕЙНУ**

Стогов А.В., Косовцева Т.Р.

Национальный минерально-сырьевой университет  
«Горный», Санкт-Петербург, e-mail: tkosov@list.ru

Боковая подача дутья, осуществленная еще в вертикальных конвертерах, а затем сохраненная в горизонтальных, предопределила зональный характер физико-химических процессов, протекающих в конвертерной ванне. Эта особенность отчетливо обнаруживается по чисто эксплуатационным признакам: ускоренному износу кладки фурменного пояса, контактирующей с зоной активных окислительных процессов [1].

При конвертировании бедных никелевых штейнов, являющихся продуктом восстановительно-сульфидирующей плавки окисленных никелевых руд, в наибольшей степени проявляется разрушительное действие высокотемпературного окислительного факела. Крайне малый срок службы фурменного пояса никелевых конвертеров обуславливает повышенный расход дорогостоящих огнеупоров, продолжительные простои конвертеров на ремонтах и соответственно – трудовые затраты на выполнение ремонтов.

Годовая производительность конвертера по файнштейну никелевого или медноникелевого может быть оценена по обобщенной формуле, предложенной проф. Л.М. Шальгиным [2]:

$$A = 50 \frac{M_1 m \alpha \cdot d_{\phi}^2 n p (p+1) k_{\phi} q N}{M_2 [\mu \cdot d (1-0,1n) + 0,63 e (1-0,25n)] T^{0,5}} \quad (1)$$

где  $M_1$  – содержание Cu+Ni в исходном штейне, %;  $M_2$  – содержание Cu+Ni, в файнштейне, %;  $d$  – содержание FeS в штейне, %;  $e$  – содержание Fe<sub>мет</sub> в штейне, %;  $n$  – коэффициент распределения кислорода между FeO и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (при  $n=1$  образуется только FeO);  $\mu$  – степень окисления FeS;  $n_{\phi}$  – число работающих фурм;  $\alpha$  – коэффициент аэродинамики фурмен-

ной системы;  $p$  – давление на коллекторе, кг/см<sup>2</sup>;  $k_{\phi}$  – коэффициент использования конвертера под дутьем;  $q$  – доля кислорода в дутье;  $N$  – число суток работы конвертера под дутьем.

Как видно, при прочих равных условиях годовая производительность конвертера зависит от произведения  $q N$ .

Расчеты температуры «факельной зоны» выполнены для пониженной концентрации кислорода, что может быть осуществлено добавлением к воздушно-му дутью азота, являющегося вторичным продуктом кислородных станций. для оценки теплового состояния «факельной зоны», определяющей условия службы огнеупоров, составлено уравнение ее теплового баланса (2):

$$t_{\phi} = \frac{84 t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{д}}}{q} \sum_1 + \sum_2}{\frac{1}{q} \sum_3 + \sum_4} \quad (2)$$

где

$$\sum_1 = 0,42a + 0,27b + 0,55d + 0,35e + 0,25k$$

$$\sum_2 = 4680a + 2400b + 6530d + 6650e + 4140k$$

$$\sum_3 = 0,46a + 0,31b + 0,62d + 0,39e + 0,29k$$

$$\sum_4 = 2,23a + 0,599b + 1,30d + 1,69e + 1,51f + 2,81k$$

Условные обозначения, содержание в штейне, %: Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> –  $a$ ; Cu<sub>2</sub>S –  $b$ ; CoS –  $c$ ; FeS –  $d$ ; Ni –  $k$ ; Fe –  $e$ ; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> –  $f$ ;  $t_{\text{шт}}$  – температура штейна, °C;  $t_{\text{д}}$  – температура дутья, °C;  $q$  – доля кислорода в дутье, доли ед.

Расчеты значений температуры факельной зоны для типовых штейнов при различной концентрации кислорода в дутье в системе MathCad приведены на рис. 2–5.

Расчеты необходимых массовых долей для типовых штейнов приводятся на рис. 6, 7.



Рис. 1

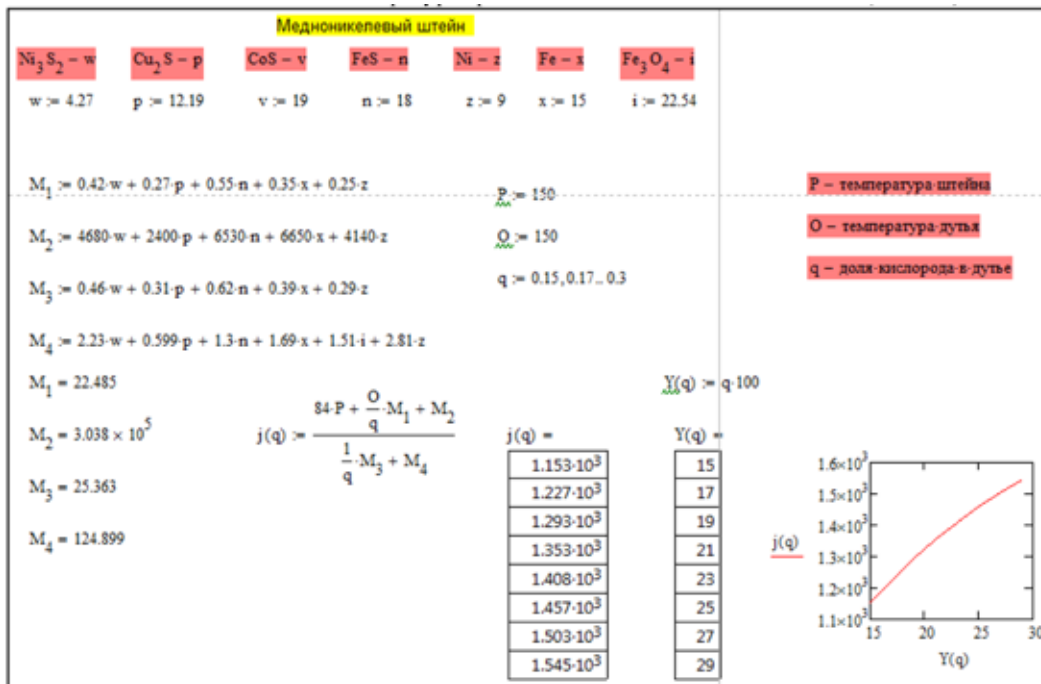


Рис. 2. Расчетные значения температуры факельной зоны для медного штейна (30% Cu)

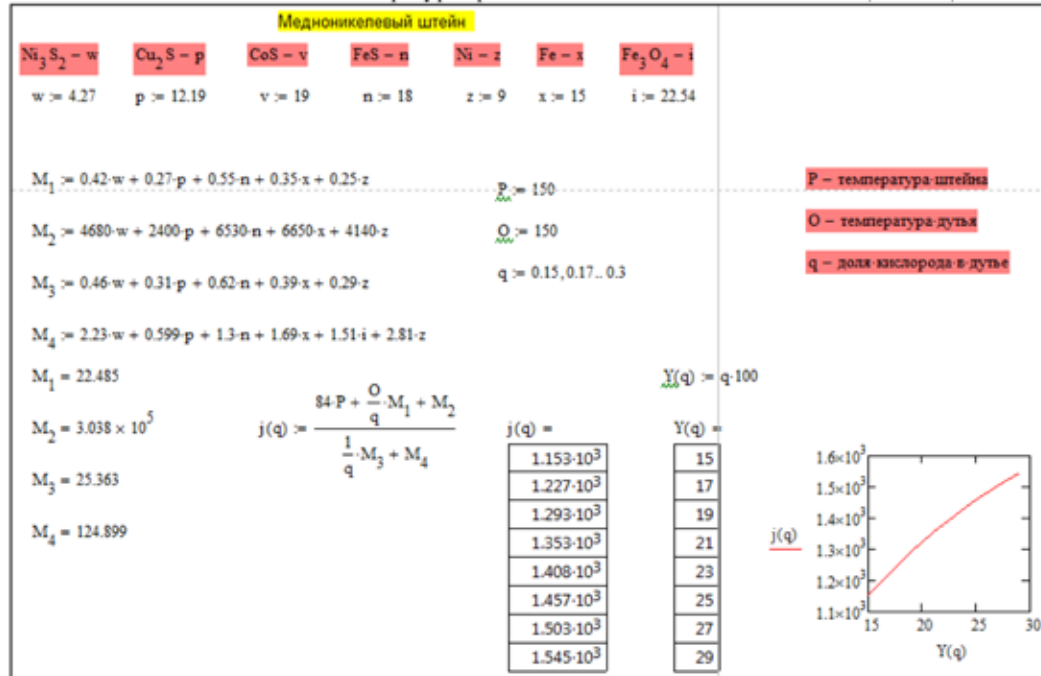


Рис. 3. Расчетные значения температуры факельной зоны для медноникелевого штейна (19,5% Cu+Ni)

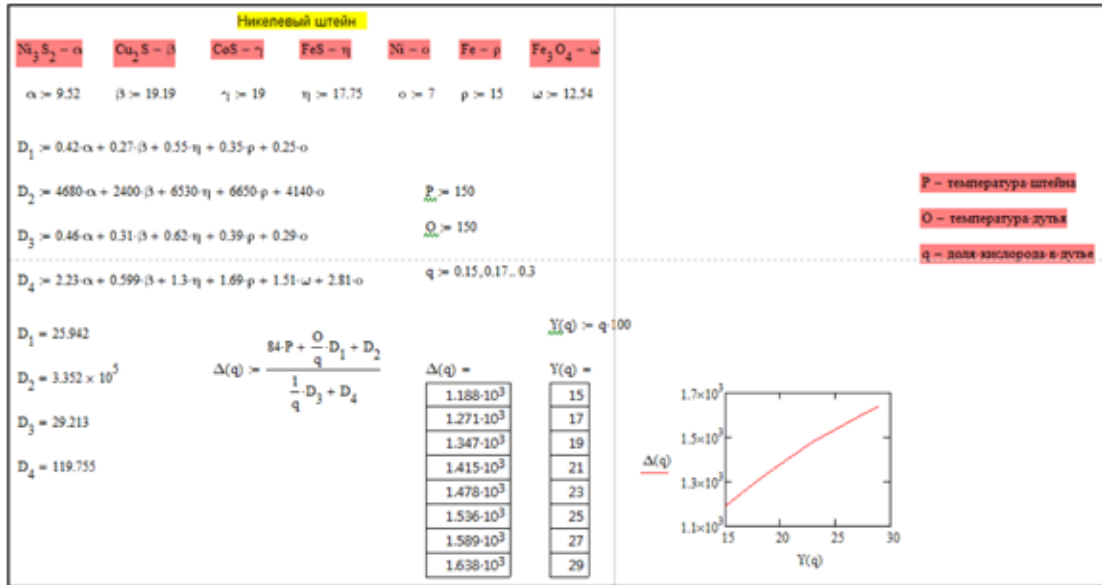


Рис. 4. Расчетные значения температуры факельной зоны для никелевого штейна (14% Ni).

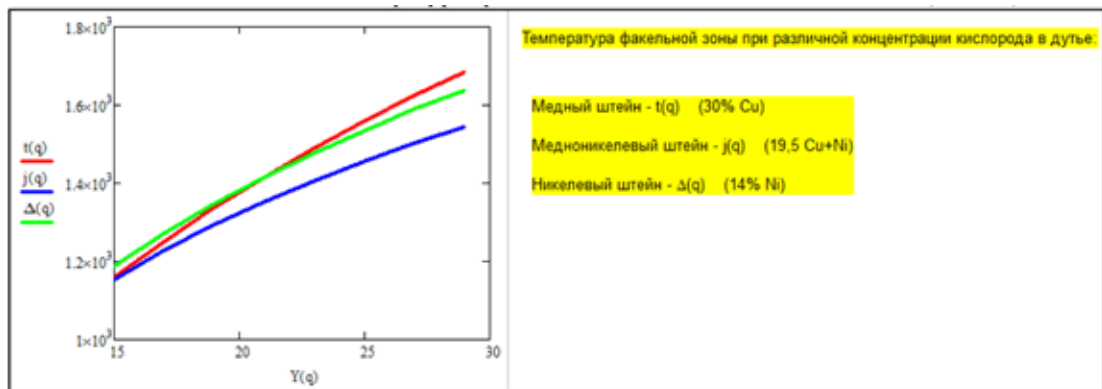


Рис. 5. Расчетные значения температуры факельной зоны для типовых штейнов.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	Медный штейн					Никелевый штейн				
4	Массовая доля элементов в соединении Cu <sub>2</sub> S(%)					Массовая доля элементов в соединении Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)				
5	W(Cu)=	79.4375				W(Ni)=	73.3078			
6	W(S)=	20.5625								
7	При 30% Cu имеем:					При 14% Ni имеем:				
8	W(S)=	7.710938				Соединение Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)				
9	W(Cu <sub>2</sub> S)=	37.71094				W(S)=	2.530426			
10						W(Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> )=	9.530426			
11	Медноникелевый штейн					Элемент Ni(%)				
12	Массовая доля элементов в соединениях Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> и Cu <sub>2</sub> S (%)					W(Ni)=				
13	W(Ni)=	73.3078								
14	W(Cu)=	79.4375								
15										
16										
17	При Cu+Ni 19.5% имеем:									
18	Соединение Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)									
19	W(S)=	3.524523								
20	W(Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> )=	13.27452								
21										
22	Соединение Cu <sub>2</sub> S(%)									
23	W(S)=	2.5238								
24	W(Cu <sub>2</sub> S)=	12.2738								
25										
26	Элемент Ni(%)									
27	W(Ni)=	9.004523								

Рис. 6. Расчет необходимых массовых долей для типовых штейнов в MS Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3		Медный штейн							Никелевый штейн
4	Массовая доля элементов в соединении Cu <sub>2</sub> S (%)						Массовая доля элементов в соединении Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)		
5	W(Cu)=	=((2*S5)/160)*100					W(Ni)=	=((3*S5)/((3*S5)+(2*S10)))*100	
6	W(S)=	=100-B5							
7							При 14% Ni имеем:		
8	При 30% Cu имеем:						Соединение Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)		
9	W(S)=	=B6*30/80					W(S)=	=(26.5*7)/6	
10	W(Cu <sub>2</sub> S)=	=30+B9					W(Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> )=	=B*7	
11									
12		Медноникелевый штейн						Элемент Ni (%)	
13	Массовая доля элементов в соединениях Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> и Cu <sub>2</sub> S (%)						W(Ni)=	=10-B	
14	W(Ni)=	=((3*S6)/((3*S6)+(2*S10)))*100							
15	W(Cu)=	=((2*S5)/160)*100							
16									
17	При Cu+Ni 19.5% имеем:								
18	Соединение Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (%)								
19	W(S)=	=26.5*9.75/B14							
20	W(Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> )=	=9.75*B19							
21									
22	Соединение Cu <sub>2</sub> S (%)								
23	W(S)=	=B6*9.75/B15							
24	W(Cu <sub>2</sub> S)=	=B23*9.75							
25									
26	Элемент Ni (%)								
27	W(Ni)=	=B20*4.27							

Рис. 7. Расчет необходимых массовых долей для типовых штейнов в MS Excel (режим отображения формул)

## Расчет минерального состава никелевого штейна

Элемент	M	Соединение	W(%)
Cu	63,55	Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	9,530426
Ni	58,7	Cu <sub>2</sub> S	19,19
Co	58,93	CoS	19
Fe	55,85	FeS	17,75
O	16	Ni	7
S	32,06	Fe	15
		Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	12,54
Соединение Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> :		Соединение Cu <sub>2</sub> S:	
W(S)=	2,530426	W(Cu)=	79,4375
W(Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> )=	9,530426	W(S)=	20,5625
При Cu <sub>2</sub> S=19,19% имеем:		При CoS=19% имеем:	
W(Cu)=	15,24406	W(Co)=	12,30542
W(S)=	3,945944	W(S)=	6,694582
При FeS=17,75% имеем:		При Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> =12,54% имеем:	
W(Fe)=	11,27673	W(Fe)=	9,073967
W(S)=	6,473268	W(O)=	3,466033
Соединение Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> :		Элемент Ni (%):	
W(Fe)=	72,36018	W(Ni)=	7
W(O)=	27,63982	Элемент Fe (%):	
При Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> =12,54% имеем:		W(Fe)=	
W(Fe)=	9,073967	15	
W(O)=	3,466033	Общее количество S (%):	
		W(S)=	
		19,64422	
		Общее количество Fe (%):	
		W(Fe)=	
		35,3507	

Рис. 8. Вычисление элементарного состава Ni, Cu, Co, Fe, O, S (%) в MS Excel

	Q	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
4			Элемент	M		Соединения	W(%)				
5			Cu		83.56	N3S2	=I10				
6			Ni		58.7	Cu2S	=I9.I9				
7			Co		58.93	CoS	=I9				
8			Fe		55.85	FeS	=I7.75				
9			O		16	Ni	=I13				
10			S		32.06	Fe	=I15				
11						Fe3O4	=I2.54				
12											
13	Содержание N3S2		Содержание Cu2S			Содержание CoS		Содержание FeS			
14	W(S)=	=I26.57*I5	W(Cu)=		=I2*SSy/160/I100	W(Co)=		W(Fe)=		=I58(I58+510)/I100	
15	W(N3S2)=	=9+7	W(S)=		=I100-B5	W(S)=		W(S)=		=I100-Y14	
16											
17			При Cu2S=19.19% или:			При CoS=19% или:		При FeS=17.75% или:			
18			W(Cu)=		=I514*V6/I100	W(Co)=		W(Fe)=		=IY14*V8/I100	
19			W(S)=		=I16-518	W(S)=		W(S)=		=I19-V18	
20											
21											
22	Содержание Fe3O4		Элемент W(%)			Элемент Fe(%)		Общее количество			
23	W(Fe)=	=I3*58/I3*58+I4*56/I100	W(Ni)=		=I10-B	W(Fe)=		W(S)=		=I14+515+V19+Y19	
24	W(O)=	=I100-P23									
25											
26	При Fe3O4=12.54% или:					Общее количество Fe(%)					
27	W(Fe)=	=I22*I12.54/I100				W(Fe)=					
28	W(O)=	=I12.54-P27									

Рис. 9. Вычисление элементарного состава Ni, Cu, Co, Fe, O, S (%) в MS Excel (режим отображения формул)

Высокая степень использования кислорода упрощает управление составом штейна и соотношением количеств подаваемого через фурму кислорода и загружаемых за то же время концентратов. Состав штейна можно регулировать в широком диапазоне, поэтому температура факельной зоны может быть различной.

Расчеты показали, что снижение концентрации кислорода до 17-18%, приводит, естественно, к уменьшению производительности во времени дутья, но может быть компенсировано увеличением числа суток работы конвертера под дутьем за счет удлинения до 35-45 суток срока службы фурменного пояса в результате снижения температуры факела.

**Список литературы**

1. Дيامидовский Д.А., Шалыгин Л.М., Гальбек А.А., Южанов И.А. Расчеты пирропроцессов и печей цветной металлургии. – М.: Металлургиздат, 1963.
2. Шалыгин Л.М., Коновалов Г.В., Косовцева Т.Р. От изобретения Генри Бессемера до комплексного решения проблем конвертерного передела // СПб: Сб. материалов Междун. Промышленного конгресса «Петербургская техническая ярмарка – 2006». ГУП Изд. дом «Руда и металлы», 2006.
3. Шалыгин Л.М., Коновалов Г.В., Косовцева Т.Р. Условия подачи дутья в расплавы и разработка средств интенсификации дутьевого режима // Записки горного института. – СПб. – Т. 169, 2006.

**АКТУАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ В СПОРТЕ**

Черепанов Е.В.

НГУЭУ ИТФ, Новосибирск,  
e-mail: Iverson95.Evgen@mail.ru

Прогресс не стоит на месте и с каждым днем появляются разнообразные новшества, и не в последнюю очередь инновации в спорте. Нововведения стараются улучшить результаты спортсменов, удобства для самих занимающихся, а так же для зрителей, судей. И просто получение удовольствия от занятия физическими упражнениями. Цели работы: ознакомление с инновационными разработками в сфере спорта. Задачи: исследование инноваций в спорте, изучение спортивной отрасли и выявление новшеств в сфере спорта. Объектом исследования является внедрение инноваций в спортивной деятельности. Предметом исследований являются инновации в спорте. Методы исследования – анализ учебной литературы и теоретических данных.

**1. Инновации в спорте**

Инновация (англ. innovation) – это внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост

эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Является конечным результатом интеллектуальной деятельности человека, его фантазии, творческого процесса, открытий, изобретений и рационализации. Примером инновации является выведение на рынок продукции (товаров и услуг) с новыми потребительскими свойствами или качественным повышением эффективности производственных систем. Инновациями не могут быть любые новшества, а лишь те, которые серьезно повышают эффективность действующей системы. Проблеме инноваций в спорте в настоящее время уделяется особое внимание. Это объясняется колоссальными изменениями в экономике, политике и духовной жизни разных стран, которые не могли не затронуть и сферу спорта. Сейчас спортсменам и тренерам приходится постоянно работать с нововведениями. Инновации, которые может использовать тренер, многообразны: новые методики спортивной тренировки, проблемное обучение, диалоговое преподавание и многое другое. В спорте подразделяют разные категории исследования, и в каждой постоянно появляется что-то новое.

**2. Категории новшеств**

1. Психологические
  2. Медицинские
- О каждой категории подробно далее.



**Новые технологии психологической поддержки**

В процессе спортивных состязаний происходит испытание спортивного мастерства, умственных и физических возможностей атлета. Психологическая подготовка к конкретному соревнованию – заключительный этап всей психологической подготовки, проводившейся в процессе тренировочной и воспитательной работы. Важнейшая задача этого этапа –