

В.И.Большаков, Н.А.Гладков, Т.П. Порубова

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО РАДИУСУ КОЛОШНИКА И ЖИДКОСТНЫХ НАГРУЗОК В ГОРНЕ ПЕЧИ.

Для одного из периодов работы доменной печи объемом 5500м³ проанализированы показатели распределения промежуточного шлака и температурно-восстановительных особенностей исходных шихтовых материалов. Установлена последовательность численных значений распределения анализируемых показателей, характеризующих состояние жидких фаз, и их связь с показателями плавки.

Современное состояние вопроса.

Достигнутый в последнее время существенный прогресс в эффективности использования восстановительной способности газов и уменьшения энергозатрат на выплавку чугуна обуславливает необходимость и целесообразность подробного изучения особенностей режима загрузки шихтовых материалов, оценки распределения рудных нагрузок по сечению колошника и его взаимосвязей со свойствами и распределением жидких фаз в горне печи. Показатели распределения шихты всегда находились в центре внимания исследователей, разрабатывались приемы, рекомендации и критерии, призванные улучшить эффективность распределения шихты. Оценка показателей распределения шихты осуществлялась по распределению углекислоты (реже температуры) по радиусу печи, которые сопоставлялись с экспериментальными данными о распределении рудных нагрузок [1–3].

Постановка задачи.

Уровень эффективности доменной плавки и ее управляемость повысилась за счет использования бесконусных загрузочных устройств (БЗУ), позволяющих осуществлять распределение шихты в разнообразных вариантах. Наиболее близкое к рациональному распределение шихты может быть установлено в результате анализа известных, испытанных распределений на хорошо работающих доменных печах большой единичной мощности, оборудованных БЗУ. Исследованию и оценке подвергались шесть вариантов распределения шихтовых материалов и жидких фаз, пронумерованных последовательно (№1–6), три из которых (№1, 3, 5) соответствуют исходному распределению материалов (табл.1) и свойств жидких фаз (табл.2) в периоды работы печи, приведенные в табл.3. Варианты № 2,4,6 отличаются от исходных распределением окатышей. Особенность распределения окатышей состоит в увеличении их доли в приосевой равновеликой зоне (с 3% до 5,5% от общего их количества) и уменьшении на периферии (до 2,5% вместо 5%) при постоянной во всех случаях их массе в подаче.

Распределение жидких фаз над уровнем горна и его роль в достижении высоких показателей плавки обусловлена характером распределения по равновеликим зонам массы жидкости, ее состава и свойств, а также распределением химического потенциала и тепловой энергии горновых газов. Исследованию были подвергнуты: степень использования тепловой и химической энергии газового потока (η_{CO}), показатели использования углерода (η_C) и степени его газификации (χ_C), использование углерода в виде тепла и химического потенциала горнового газа, отнесенного к кислороду ($Q_{\Sigma}/O_{\Sigma}^{\Sigma}$, м³/кг) окислов железа (коэффициент корреляции более 0,99). Эти показатели зависят от массы жидкости ($ЖФ_{(Fe,nn)}^{\Sigma}$), жидкостной нагрузкой ($ЖН_{np}$, т/т) промежуточного шлака на кокс и площадь горна ($ЖН_{(np)}^{nn}$, т/м² час), удельной массы жидкости ($\gamma_{ж.ф.}$, кг/м³), выходом шлака на тонну чугуна ($Шл_{(nn)}^{\Sigma}$, т/час) и расходом кокса (K , кг/час), т.е. Они характеризуют теплофизическое состояние расплава и горновых газов, расходуемых на нагрев и поддержание в активном состоянии жидких фаз.

Для одного из периодов работы доменной печи объемом 5500м³ проанализированы показатели распределения промежуточного шлака и температурно-восстановительных особенностей исходных шихтовых материалов: плавкости ($T_{кан.меч}/T_{пл.}$), скорости восстановления ($R_{к.с}/R_{л.}$), а также физико-химических свойств (химическая активность $\rho/\Delta e$) самого расплава, обуславливающих дренажные его свойства (поверхностное натяжение σ) и удельный расход кокса на единицу металла ($K_{y.o.}$, кг/т м).

Ввиду того, что в настоящее время практически отсутствует на доменных печах возможность контроля множества характеристик распределения шихты, газов, температуры, массы и свойств жидких фаз (за исключением распределения химсостава газов под поверхностью засыпи) предпринята попытка приближенной оценки указанных характеристик с помощью расчетов, опирающихся на данные о контролируемых показателях работы доменной печи. Результаты расчета и анализа особенностей распределения по кольцевым зонам горна указанных определяющих факторов (табл.2 и 3), исследуемые жидкостные распределения свернуты в обобщающие аналогичные рудным ($И$) показатели с установлением параметров центра тяжести ($l_{ц.м.}$) взвешенных величин ($R_{бз}$) и комплексного

параметра распределения $П_{ж.ф.} = \frac{l_{ц.м.}}{r_{горн}} \cdot \frac{R_{бз}}{R_{ср}}$.

Изложение основных материалов исследования.

Рассмотрение последовательности численных значений распределения анализируемых показателей, характеризующих состояние жидких фаз, свидетельствует, что в этой последовательности проявляется объективная связь с результатами плавки. Так, например, для распределения по равновеликим зонам жидкостной нагрузки на кокс ($ЖН^{\Sigma}$ и $ЖН^{np}$, т/т) над уровнем горна (табл.2, рис.1) характерным является увеличение ее при

удалении от оси в пределах протяженности первых трех (приосевых) зон, и уменьшение нагрузки на 0,6–0,9 ед. в зоне №4 с последующим ростом JH (т/т) до зоны №9 и достижении максимальной величины в зоне №10 (периферийное кольцо).

Различие в жидкостной нагрузке между зонами №3 и №4, №7 и №8 – №10 описывается соответствующей аналитической зависимостью с высоким коэффициентом (рис.2–3) корреляции. При этом экстраполяцией зависимостей выявляются численные значения минимальной жидкостной нагрузки у оси и целесообразно увеличенной в зоне №3, а также граничная нагрузка в зоне №9 и максимально допустимая у стен. Отображенные на рис.1–3 особенности распределения массовых показателей жидких фаз подтверждаются расчетным распределением критериального показателя η_C и экспериментальным определением доли CO_2 в газе по радиусу коша (рис.4).

$$\text{Показатель } \eta_C = \frac{\omega_C \cdot C_O^\Sigma + 3020 \cdot CO_i}{(\omega_C + 5640) \cdot C_O^\Sigma},$$

где ω_C – количество тепла при сгорании 1 кг углерода у фурм, ккал/кг;

C_O^Σ – общее количество углерода кокса и природного газа, сгорающего у фурм, ккал/кг;

CO_i – расход CO горнового газа, расходуемого на косвенное восстановление, $\text{нм}^3/\text{кг}$.

Этот показатель характеризует долю тепла, затрачиваемого на процессы плавки по отношению ко всему количеству тепла, генерируемого у фурм и является критерием эффективности его использования по радиусу горна. Характер изменения числовой последовательности распределения массовых показателей жидких фаз контролируется также градиентом нарастания величин нагрузки в отмеченных выше зонах. В распределении по равновеликим зонам показателей, характеризующих качество жидких фаз, выявляется закономерная особенность, отражающая технологически рациональное состояние расплавов, обуславливающее ровность хода печи (сход шихты, интенсивность плавки) и соответствующие показатели плавки. Суть отмеченной особенности состоит в различном характере изменения показателей качества жидкости, формирующейся в осевом диапазоне (зоны №1–№3) и диапазоне, занимающем зоны №4–№9. При этом для приосевых зон характерны практически прямолинейные спадающие зависимости (рис.5–9). В зонах №4–№9 исследуемые показатели качества жидкости возрастают. При этом в зависимости от физико-химической емкости показателя характер его изменения может выражаться линейной, степенной, экспоненциальной и другими функциями.

Таблица 1 – Распределение массы компонентов шихты в равновеликих кольцевых зонах колошника доменной печи объемом 5500 м³ в различные периоды ее работы

Период	Вид материала	Номер кольцевой зоны										Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
III	ЖРМ, т	7,20	11,72	12,54	11,76	12,01	12,36	12,68	13,04	13,2	13,49	120,00
	Окатыши, т <i>вариант 1</i>	1,071	3,570	5,355	5,355	4,284	4,284	3,570	3,57	2,856	1,785	35,700
	Окатыши, т <i>вариант 2</i>	1,964	3,570	4,284	4,284	5,355	5,355	5,355	2,856	1,785	0,893	35,700
	Агломерат, т <i>вариант 1</i>	6,129	7,900	6,935	6,155	7,476	8,076	9,110	9,470	10,340	11,710	83,300
	Агломерат, т <i>вариант 2</i>	5,237	7,900	8,006	7,226	6,405	7,005	7,325	10,180	11,420	12,600	83,300
	Руда железная, т		0,25	0,25	0,25	0,25						1,00
	Кокс, т	4,235	3,092	2,882	3,095	3,041	2,943	2,856	2,769	2,727	2,660	30,300
IV	Рудная нагрузка, т/т	1,70	3,79	4,35	3,80	3,95	4,20	4,44	4,71	4,84	5,07	3,96
	ЖРМ, т	7,45	12,15	12,85	11,81	11,89	12,21	12,48	12,77	13,09	13,30	120,00
	Окатыши, т <i>вариант 1</i>	1,071	3,570	5,355	5,355	4,284	4,284	3,570	3,570	2,856	1,785	35,700
	Окатыши, т <i>вариант 2</i>	1,964	3,570	4,284	4,284	5,355	5,355	5,355	2,856	1,785	0,893	35,700
	Агломерат, т <i>вариант 1</i>	6,379	8,330	7,245	6,205	7,356	7,926	8,910	9,200	10,230	11,520	83,300
	Агломерат, т <i>вариант 2</i>	5,487	8,330	8,316	7,276	6,285	6,855	7,125	9,914	11,310	12,410	83,300
	Руда железная, т		0,25	0,25	0,25	0,25						1,00
IX	Кокс, т	4,027	2,928	2,818	2,975	2,995	2,907	2,843	2,764	2,688	2,640	29,585
	Рудная нагрузка, т/т	1,85	4,15	4,56	3,97	3,97	4,20	4,39	4,62	4,87	5,04	4,06
	ЖРМ, т	7,60	12,63	12,98	12,50	11,51	11,88	12,25	12,55	12,89	13,22	120,01
	Окатыши, т <i>вариант 1</i>	1,071	3,570	5,355	5,355	4,284	4,284	3,570	3,570	2,856	1,785	35,703
	Окатыши, т <i>вариант 2</i>	1,964	3,570	4,284	4,284	5,355	5,355	5,355	2,856	1,785	0,893	35,703
	Агломерат, т <i>вариант 1</i>	6,529	8,810	7,375	6,895	6,976	7,596	8,680	8,980	10,030	11,430	83,307
	Агломерат, т <i>вариант 2</i>	5,636	8,810	8,446	7,966	5,905	6,525	6,895	9,694	11,100	12,330	83,307
Руда железная, т			0,25	0,25	0,25	0,25					1,00	
	Кокс, т	3,979	2,740	2,654	2,772	3,005	2,926	2,855	2,789	2,685	2,600	29,005
	Рудная нагрузка, т/т	1,91	4,61	4,89	4,51	3,83	4,06	4,29	4,50	4,80	5,08	4,14

Таблица 2 – Величины показателей качества исследуемых распределений жидких фаз на уровне горна

Фактор	№ распределения	№№ зон										Среднее	Ц.т	Рвз	Пж.ф.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
FeO _{lim} , %	1	11,723	21,240	26,089	26,952	23,196	20,488	18,080	17,796	15,673	12,593	19,383	4,917	19,113	0,642	
	2	20,154	21,515	22,466	23,536	26,543	23,708	23,305	15,775	12,698	10,176	19,988	4,754	19,054	0,600	
	3	10,661	20,760	25,311	26,860	23,357	20,644	18,242	18,006	15,745	12,066	19,165	4,945	19,006	0,650	
	4	16,812	21,024	23,462	26,733	23,908	23,561	15,944	12,746	10,211	19,650	4,826	4,826	19,018	0,619	
	5	10,596	20,265	25,128	23,795	23,881	21,013	18,443	18,193	15,868	12,689	19,187	4,969	19,120	0,656	
	6	16,570	20,534	21,964	22,588	27,376	24,367	23,862	16,096	12,825	10,231	19,641	4,845	19,083	0,623	
CrO _{5O₃} ед.	1	1,71	1,271	1,152	1,108	1,22	1,474	1,553	1,563	1,631	1,729	1,441	5,073	1,466	0,684	
	2	1,564	1,271	1,245	1,208	1,123	1,367	1,381	1,628	1,726	1,804	1,432	5,115	1,468	0,695	
	3	1,716	1,29	1,168	1,111	1,214	1,469	1,548	1,556	1,629	1,727	1,443	5,065	1,465	0,681	
	4	1,575	1,29	1,259	1,21	1,116	1,36	1,372	1,622	1,724	1,803	1,433	5,106	1,467	0,692	
	5	1,719	1,31	1,174	1,15	1,195	1,457	1,541	1,55	1,625	1,726	1,445	5,057	1,465	0,679	
	6	1,581	1,31	1,265	1,244	1,093	1,345	1,362	1,618	1,722	1,803	1,434	5,097	1,466	0,690	
ρ _р -Δε, ед.	1	0,306	0,277	0,268	0,264	0,273	0,292	0,285	0,297	0,301	0,306	0,288	5,016	0,290	0,668	
	2	0,297	0,277	0,275	0,272	0,265	0,285	0,296	0,285	0,301	0,306	0,287	5,027	0,290	0,671	
	3	0,306	0,278	0,269	0,264	0,273	0,291	0,296	0,297	0,301	0,306	0,288	5,015	0,290	0,668	
	4	0,298	0,278	0,276	0,272	0,265	0,284	0,285	0,301	0,306	0,31	0,288	5,024	0,290	0,670	
	5	0,306	0,279	0,269	0,268	0,271	0,291	0,296	0,296	0,301	0,306	0,288	5,013	0,290	0,667	
	6	0,298	0,279	0,277	0,275	0,263	0,283	0,284	0,3	0,306	0,31	0,288	5,021	0,289	0,670	
η ₃₀₀ , Па·с	1	0,222	0,358	0,440	0,479	0,389	0,278	0,256	0,253	0,237	0,218	0,313	4,814	0,302	0,616	
	2	0,253	0,358	0,373	0,397	0,465	0,318	0,312	0,238	0,219	0,206	0,314	4,819	0,303	0,617	
	3	0,221	0,348	0,427	0,476	0,393	0,280	0,257	0,255	0,238	0,219	0,311	4,830	0,302	0,620	
	4	0,250	0,348	0,365	0,395	0,472	0,321	0,316	0,239	0,219	0,206	0,313	4,835	0,304	0,621	
	5	0,220	0,338	0,422	0,442	0,406	0,284	0,259	0,257	0,239	0,219	0,309	4,848	0,300	0,624	
	6	0,249	0,338	0,362	0,374	0,495	0,328	0,320	0,240	0,220	0,206	0,313	4,852	0,305	0,625	
σ _т , МПа/М	1	374,2	370,4	396,2	368,6	369,9	372,7	373,2	373,3	373,7	374,2	374,6	4,981	374,22	0,659	
	2	373,3	370,4	370,2	369,8	368,8	371,9	372	373,7	374,2	374,6	371,9	4,991	372,18	0,662	
	3	374,2	370,6	369,4	368,7	369,8	372,7	373,2	373,3	373,7	374,2	372,0	4,990	372,21	0,661	

Продолжение табл.2

Фактор	№ распределения	№№ зон										Среднее	Ц.т	Рвз	Пж.ф.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
σ, мН/м	4	373,4	370,6	370,3	369,8	368,7	371,8	371,9	373,7	374,2	374,6	371,9	4,990	372,17	0,661
	5	374,2	370,8	369,5	369,2	369,6	372,6	373,2	373,2	373,7	374,2	372,0	4,990	372,23	0,661
	6	373,4	370,8	370,4	370,2	368,4	371,7	371,9	373,6	374,2	374,6	371,9	4,990	372,17	0,661
	1	1,938	1,793	1,699	1,678	1,752	1,765	1,816	1,822	1,87	1,944	1,808	4,997	1,811	0,663
	2	1,823	1,793	1,764	1,746	1,685	1,702	1,71	1,867	1,942	2,008	1,804	5,026	1,818	0,671
	3	1,934	1,802	1,707	1,68	1,749	1,762	1,812	1,817	1,868	1,943	1,807	4,995	1,810	0,663
Рк.с./R е, ед.	4	1,83	1,802	1,77	1,747	1,682	1,698	1,705	1,864	1,941	2,007	1,805	5,022	1,817	0,670
	5	1,936	1,811	1,71	1,698	1,74	1,755	1,808	1,813	1,865	1,942	1,808	4,992	1,810	0,662
	6	1,835	1,811	1,773	1,763	1,671	1,69	1,699	1,86	1,939	2,007	1,805	5,018	1,816	0,669
	1	1,283	1,269	1,268	1,267	1,269	1,275	1,277	1,277	1,279	1,281	1,275	4,989	1,275	0,661
	2	1,277	1,269	1,269	1,268	1,267	1,273	1,273	1,278	1,281	1,283	1,274	4,991	1,275	0,662
	3	1,28	1,27	1,268	1,267	1,269	1,269	1,277	1,277	1,279	1,281	1,274	4,989	1,274	0,661
Тк.т./Г ш, ед	4	1,277	1,27	1,269	1,268	1,267	1,273	1,273	1,278	1,281	1,283	1,274	4,990	1,275	0,661
	5	1,281	1,27	1,268	1,268	1,268	1,275	1,277	1,277	1,278	1,281	1,274	4,989	1,275	0,661
	6	1,277	1,27	1,27	1,27	1,268	1,273	1,273	1,278	1,281	1,283	1,274	4,990	1,275	0,661
	1	0,665	0,602	0,582	0,574	0,593	0,634	0,643	0,645	0,654	0,665	0,626	5,016	0,629	0,668
	2	0,645	0,602	0,597	0,591	0,576	0,619	0,619	0,654	0,665	0,673	0,624	5,027	0,629	0,671
	3	0,668	0,607	0,587	0,576	0,596	0,635	0,646	0,648	0,657	0,668	0,629	5,015	0,633	0,668
Сф./Со ²	4	0,651	0,607	0,603	0,594	0,579	0,620	0,622	0,657	0,668	0,677	0,628	5,024	0,632	0,670
	5	0,666	0,608	0,586	0,584	0,590	0,634	0,645	0,645	0,655	0,666	0,628	5,013	0,631	0,667
	6	0,649	0,608	0,603	0,599	0,573	0,616	0,618	0,653	0,666	0,675	0,626	5,021	0,630	0,670

Так, в зонах №1–№3 от оси до отметки радиуса 4,5 м (четвертая зона) уменьшаются основность (CaO/SiO_2), показатели $\rho/\Delta e$, $T_{кан-меч}/T_{пл}$, $R_{к.с}/R_{л}$, а также $C_{ф}/C_o^{\Sigma}$, представленные линейной зависимостью. С данной отметки темп нарастания и его характер различны: основность и $\rho/\Delta e$ – по выпуклой (затухающий градиент) кривой и квадратичной зависимости, а $T_{кан-меч}/T_{пл}$ и $R_{к.с}/R_{л}$ – по вогнутой (возрастающий градиент) степенной зависимости, подтверждающей важную роль этих показателей в жидкообразовании.

Сопоставление изменений физико–химических и массовых показателей ($J.H_{np}$, т/т и т/м²час, выход шлака, т/час, η_c и др.) в зонах №1–№3 свидетельствует об обратной массовым показателям тенденции их изменения. Такая ситуация обусловлена, по нашему мнению, вероятно, структурными особенностями состояния здесь шихтовых материалов, формирующих геометрию «тотермана», и характеризует объективную необходимость теплового обеспечения и газодинамики осевой области и активации схода шихты.

Видимость противоречия в наблюдаемом снижении физико–химических свойств жидкости по мере увеличения ее выхода в приосевых зонах устраняется рассмотрением зависимости изменения доли закиси железа в первичном шлаке (III). Параметр распределения FeO ($\Pi_{ж.ф}^{FeO_{ми}}$) возрастает в ряду вариантов распределения жидких фаз, как при исходном, так и измененном расположении окатышей по равновеликим зонам. Это обуславливает рост концентрации FeO в первичном шлаке в зонах от оси до зоны №3. При этом доля FeO в этой зоне может достигать 26–27% (при прогнозе 32,0%), что компенсирует ухудшение здесь свойств расплава из–за снижения его основности и химической активности (рис.10).

Наиболее высокая в зоне №3 жидкостная нагрузка при увеличенном количестве в жидкости FeO является, по нашему мнению, естественной предпосылкой управления состоянием и работой приосевых зон (в том числе «тотермана»), обеспечивающих равномерный рациональный сход шихты, распределение газового потока по сечению печи и эффективность его использования, в частности, за счет новых возможностей формирования отдушин.

В зонах №4–№10 по мере роста основности расплавов и их активности в равновеликих зонах потребность в закиси железа постепенно снижается (идет активный процесс ее восстановления). Фактически израсходованный кокс на выплавку тонны чугуна по вариантам показателей плавки, приведенным в табл.2–3, распределен по равновеликим зонам над уровнем горна (рис.11) соответственно величинам жидкостной нагрузки. Из данных следует возможность сокращения расхода кокса за счет разумной подгрузки осевых зон материалами, формирующими шлак рациональных свойств и организации эффективной осевой отдушины с использованием здесь, в частности,

здесь, в частности, крупного прочного кокса и калиброванных разжижителей: богатых ($\text{SiO}_2=2,5-3,0\%$) неофлюсованных окатышей, высокоазокисного (40–45% FeO) агломерата, шлаков SiMn и мартеновского обогащенного и др.

Как приведенные, так и ранее рассмотренные данные о закономерностях изменения факторных показателей свидетельствует о важной самостоятельной роли влияния приосевой области на развитие процессов плавки и ее результаты, обусловленные, по нашему мнению, состоянием формирования и функционирования «тотермана», чему должно быть уделено должное внимание.

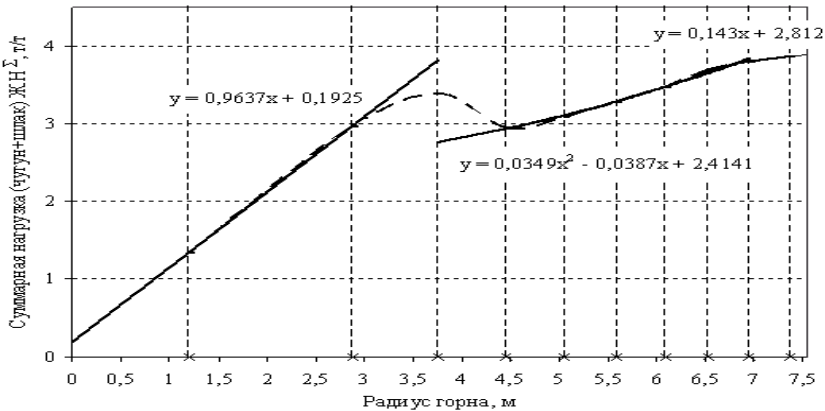


Рис.1. Распределение жидкостной нагрузки по радиусу горна.

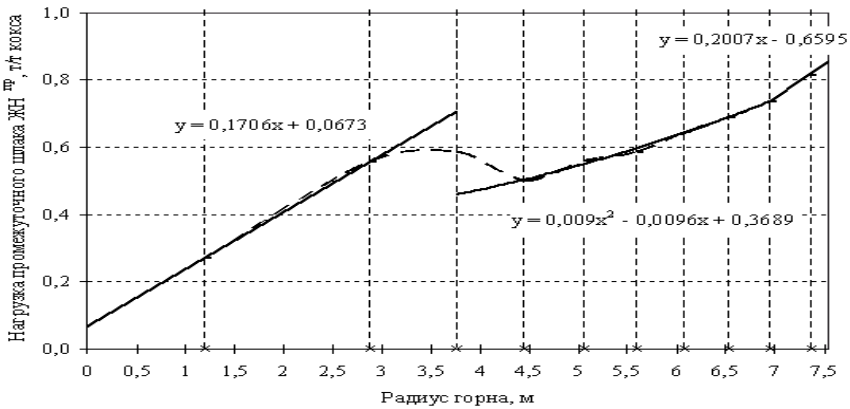


Рис.2. Распределение жидкостной нагрузки промежуточного шлака на кокс по радиусу горна.

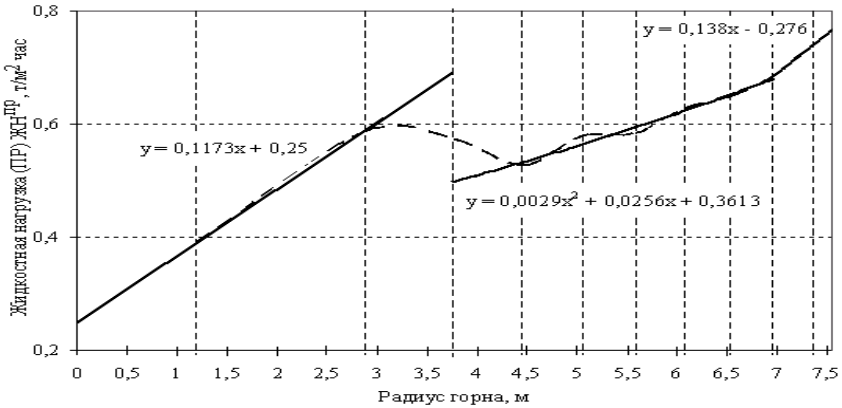


Рис.3. Распределение промежуточного шлака по радиусу горна.

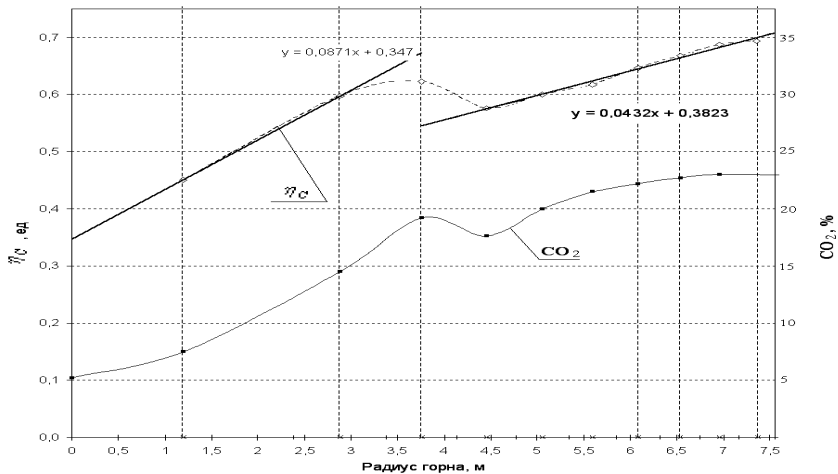


Рис.4. Расчетная степень использования углерода по радиусу горна η_C и экспериментальные значения доли CO_2 в газе по радиусу колошника.

Радиальное распределение численных значений массовых показателей жидких фаз устанавливаются с учетом особенностей структуры столба материалов, проявляющихся по радиусу на уровне горна. Анализ наблюдающихся здесь явлений, связанных с формированием и распределением жидких фаз, целесообразно выполнять последовательно позонно:

– зона №1 (ось), жидкостная нагрузка в ней в зависимости от качества кокса изменяется от нуля (плохой кокс с показателем CSR–25–35%, обу-

словливающий формирование осевой отдушины больших нерациональных размеров) до 0,5 от средней жидкостной нагрузки по печи при хорошем (крупном) коксе с CSR–65–75%. При этом, темп нарастания нагрузки по радиусу должен быть ограничен (градиент порядка 3 ед./м час.);

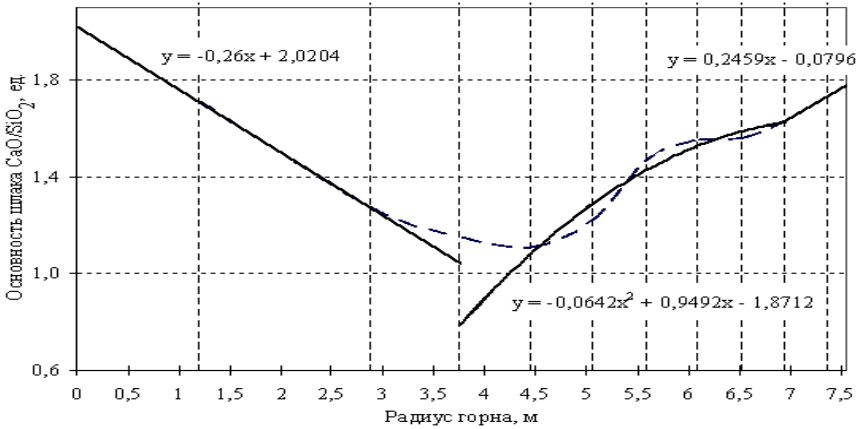


Рис.5. Изменение основности промежуточного шлака по радиусу горна.

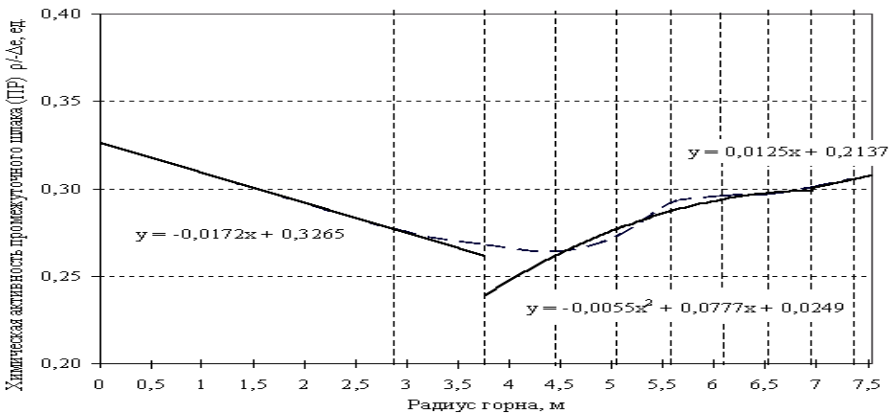


Рис.6. Зависимость изменения химической активности промежуточного шлака по радиусу горна.

– зоны №1–№3, соответствующие протяженности «тотермана», через которые протекает до 30 % жидкости при нагрузке промежуточного шлака на кокс 0,82 ед. от средней с градиентом ее нарастания

7,04 ед./м час. В зоне №3 сосредотачивается жидкостная нагрузка, величина которой сравнима с нагрузкой в зоне №9. Между зонами №3 и №4 наблюдается разрыв функции, т.к. в четвертой зоне нагрузка на 30–25% меньше, чем в зоне №3. Разница в нагрузках зон №3 и №4 обусловлена необходимостью формирования «поверхности скольжения» на образующей «тотермана», отделяющей уплотненную часть от примыкающего рыхлого коксового канала, вследствие чего обеспечивается нормальный сход шихты;

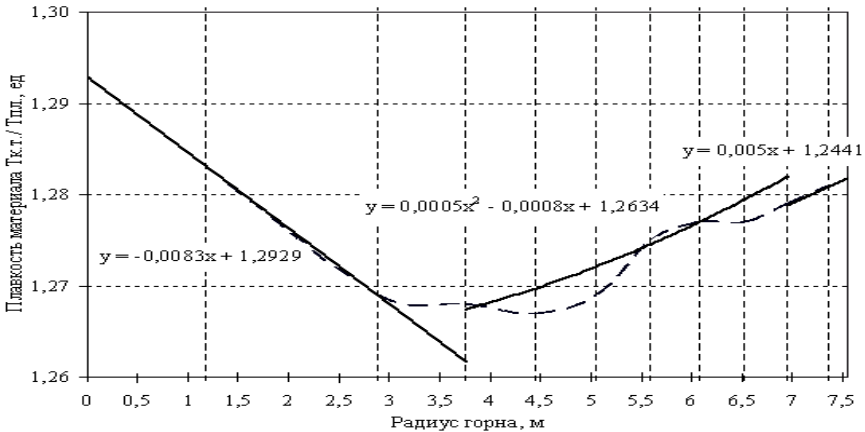


Рис.7. Величина показателя плавкости материалов по радиусу горна.

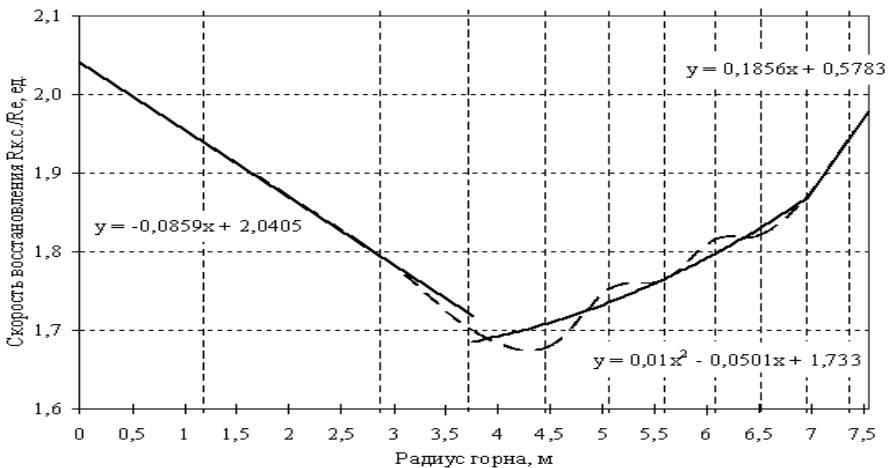


Рис.8. Скорость восстановления оксидов железа по радиусу горна.

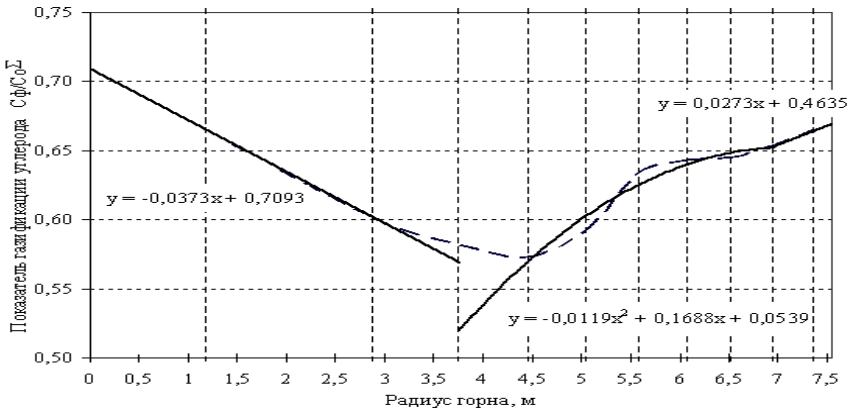


Рис.9. Изменение величины показателя газификации углерода кокса по радиусу горна.

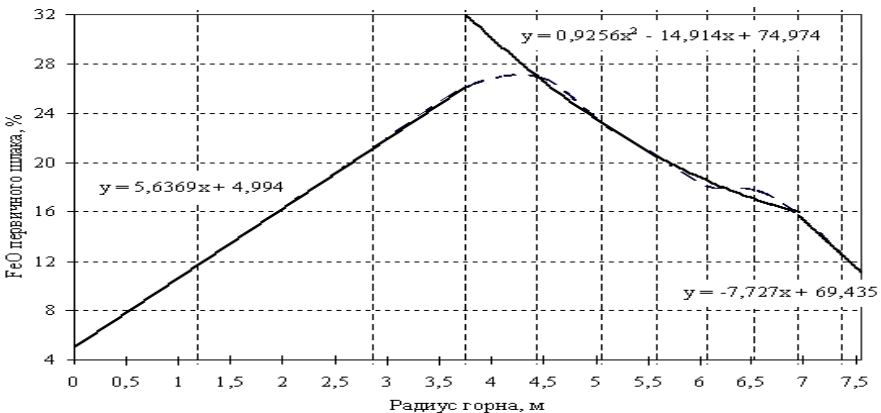


Рис.10. Содержание FeO в первичном шлаке по радиусу горна.

– зоны №4–№6, характеризующиеся увеличенным градиентом (17,75 ед./м час) жидкостной нагрузки, составляющей 0,55 ед. от средней, распространяющейся до разделительной линии несовпадения равновеликих зон колошника и горна. При этом по оси фурм в зоне разрыхленного кокса, включающей рыхлую (сползающую) часть поверхности «тотермана» (и коксовый канал) и зон № 4–№6 формируется слабо перемещающаяся коксовая насадка, через которую протекает порядка 60% всех жидких фаз;

– зоны №7–№9 (после разделительной линии профиля) характеризуются высоким градиентом нарастания (26,59 ед./м час) и большим ко-

личеством (более 30 %) протекающей жидкости, вследствие этого жидкостная нагрузка составляет 0,68 от средней;

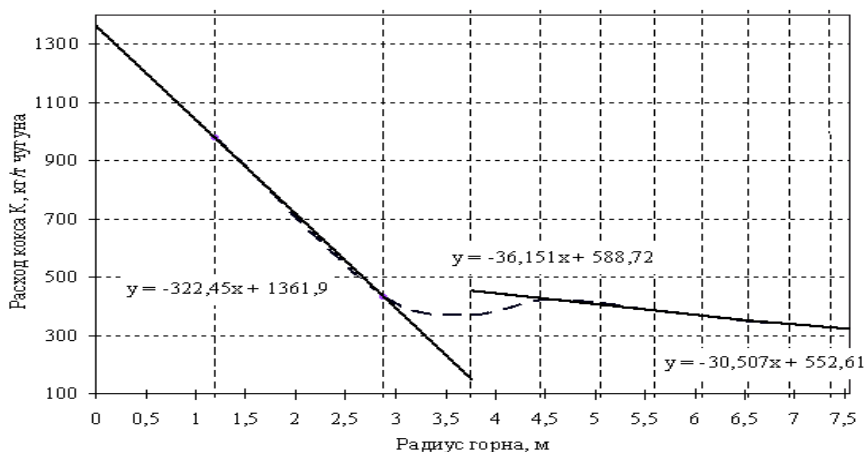


Рис.11. Удельный расход кокса по радиусу горна.

– зона №10 (периферия) характеризуется высокой жидкостной нагрузкой (0,8 ед. от средней) при градиенте 33,7 ед./м час и протеканием через зону до 12 % жидкости. Показатели состояния, присущие этой зоне, обусловлены особенностями протекающих процессов (инверсия, гарнисажеобразование, влияние пазух разгара в распаре, состояние корня зоны плавления), они определяют и регулируют сход шихты.

Выводы.

Разработка рациональных программ загрузки для доменных печей, оснащенных БЗУ, требует знания и учета множества факторов, от которых зависят показатели эффективности плавки. Оценка влияния различных факторов, и в частности, распределения жидких фаз над фурменной зоной выполнена на примере успешно работающей доменной печи большого объема. Результаты исследования позволят значительно быстрее и надежнее разрабатывать меры по изменению программ загрузки, особенно в случаях существенного изменения состава шихтовых материалов.

1. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. М. Metallургия, 1990. – 256 с.
2. *Гиммельфарб А.А., Ефименко Г.Г.* Автоматическое управление доменным процессом. М. Metallургия, 1969. –309 с.
3. *Раковский Б.М., Ходак Л.З., Фуфаев Г.Д.* Аналитический расчет рациональной формы кривой газораспределения по радиусу колошника доменной печи. // Восстановительно–тепловая обработка железорудного и марганцевого сырья. М. Наука, 1974, – С.112–120.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. И.Г.Товаровским