

УДК. 666 (575.2) (04)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА АКТИВНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ И ФЕРРОНИКЕЛЕВЫХ ШЛАКОВ*М.Т. Касимова* – канд. техн. наук

A program of accounting the assessment criteria for obtaining accurate calculation and analysis of experimental data of binding materials on the basis of nickel and ferronickel slag was elaborated. The program was made using the computer language "Delphi". Outcomes of the program analysis are shown.

Для более точных расчетов и анализа экспериментальных данных для получения вяжущих веществ на основе никелевых и ферроникелевых шлаков была разработана программалгоритм для расчета критериев оценки коэффициента активности ($K_{\text{акт}}$), коэффициента ($K_{\text{осн}}$), модуля основности ($M_{\text{осн}}$), коэффициента качества ($K_{\text{кач}}$) и фазового состава никелевых и ферроникелевых шлаков. Программа была выполнена на языке программирования "Delphi" (рис. 1 и 2), которая позволяет производить расчеты по подбору сырьевых смесей для получения смешанных вяжущих веществ на основе никелевых и ферроникелевых шлаков, при активизации их добавкой портландцемента. При этом одновременно производится расчет критериев оценки шлаков и фазовый состав. Расчеты выполнены как для чистых шлаков без корректирующих добавок, а также с добавкой портландцемента. При необходимости можно менять вид и количество добавки, что также позволит рассчитать все необходимые выходные параметры.

По расчетным данным была сделана выборка значений $K_{\text{акт}}$, $K_{\text{осн}}$, $M_{\text{осн}}$, $K_{\text{кач}}$ и фазового состава для смешанных вяжущих веществ на основе никелевых и ферроникелевых шлаков

Цель выполненных расчетов и анализа полученных результатов расчетных данных – показать влияние железистых окислов на гид-

равлическую активность для всей группы никелевых и ферроникелевых шлаков.

Теоретические предпосылки по внесению коррективов в формулу П.И. Боженова показали, что следует учитывать окисел FeO как в числителе, так и в знаменателе [1–3]. Выявлено, что $K_{\text{акт}}$ наиболее полно отвечает критериям оценки никелевых и ферроникелевых шлаков в проявлении их гидравлической активности при активизации портландцементом по сравнению с $K_{\text{осн}}$.

Таким образом, автором произведена выборка расчетных данных $K_{\text{акт}}$ и $K_{\text{осн}}$ и данных фазового состава при изменении количества добавки портландцемента, полученных при расчете по основной формуле П.И. Боженова и с внесенными коррективами.

Расчетные данные для чистых шлаков и с оптимальной добавкой портландцемента, просчитанные на компьютере по основной формуле П.И. Боженова, а также по откорректированной формуле, позволяют заключить, что основные критерии оценки шлаков $K_{\text{осн}}$ и $K_{\text{акт}}$, а также расчетный фазовый состав находятся в следующих пределах (табл. 1).

Анализируя расчетные данные, можно сделать вывод, что все никелевые шлаки по коэффициенту активности делятся на 3 группы:

- 1 – малоактивные шлаки, $K_{\text{акт}} \leq 0,6$;
- 2 – $K_{\text{акт}} \geq 0,6 \div 1,1$;
- 3 – $K_{\text{акт}} \geq 1,1 \div 1,8$.

Расчет коэффициентов никелевых шлаков

Предприятие по выпуску шлака:
Норильский никелевый завод (гран.)

Химический состав шлака:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	S
39,12	8,15	1,22	35,6	6,15	0	3,25	0

Химический состав порتلандцемента:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	R ₂ O
21,62	5,2	63,58	2	0	3

ВЫХОД

Расчеты по основной формуле Боженова П.И.
Норильский никелевый завод (гран.)

Процент порتلандцемента: 0,00

Коефициенты:

K(осн)	0,201
M(осн)	0,148
K(кач)	0,452
K(акт)	1,224

Химический состав смеси:

SiO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	S
39,12	8,15	1,22	35,6	6,15	0	3,25	0

Фазовый состав смеси:

CA	C ₂ F	CaSO ₄	FS	CS	SiO ₂ об.
12,633	1,647	5,525	50,481	9,385	17,680

Расчет коэффициентов и фазового состава для занесения в таблицу:

Колик. добавок % порتلандцемента:
Начальное зние: 0,00
Конечное зние: 30,00
Шаг: 1,00

Таблица

Расчеты по основной формуле Боженова П.И.
Норильский никелевый завод (гран.)

Классовый	Метон	Писон	Кленч	Валет	СЛ	С ₂ F	С ₂ S	FS	CS	SiO ₂ об.
0,00	100,00	0,201	0,148	0,452	1,224	12,633	1,647	50,481	9,385	17,680
1,00	50,00	0,250	0,180	0,460	1,264	12,361	1,660	50,170	9,370	17,670
2,00	20,00	0,290	0,210	0,465	1,294	12,090	1,673	49,860	9,355	17,660
3,00	10,00	0,330	0,240	0,470	1,324	11,819	1,686	49,550	9,340	17,650
4,00	5,00	0,370	0,270	0,475	1,354	11,548	1,699	49,240	9,325	17,640
5,00	3,00	0,410	0,300	0,480	1,384	11,277	1,712	48,930	9,310	17,630
6,00	2,00	0,450	0,330	0,485	1,414	11,006	1,725	48,620	9,295	17,620
7,00	1,50	0,490	0,360	0,490	1,444	10,735	1,738	48,310	9,280	17,610
8,00	1,00	0,530	0,390	0,495	1,474	10,464	1,751	48,000	9,265	17,600
9,00	0,75	0,570	0,420	0,500	1,504	10,193	1,764	47,690	9,250	17,590
10,00	0,50	0,610	0,450	0,505	1,534	9,922	1,777	47,380	9,235	17,580
11,00	0,25	0,650	0,480	0,510	1,564	9,651	1,790	47,070	9,220	17,570
12,00	0,00	0,690	0,510	0,515	1,594	9,380	1,803	46,760	9,205	17,560
13,00	0,00	0,730	0,540	0,520	1,624	9,109	1,816	46,450	9,190	17,550
14,00	0,00	0,770	0,570	0,525	1,654	8,838	1,829	46,140	9,175	17,540
15,00	0,00	0,810	0,600	0,530	1,684	8,567	1,842	45,830	9,160	17,530
16,00	0,00	0,850	0,630	0,535	1,714	8,296	1,855	45,520	9,145	17,520
17,00	0,00	0,890	0,660	0,540	1,744	8,025	1,868	45,210	9,130	17,510
18,00	0,00	0,930	0,690	0,545	1,774	7,754	1,881	44,900	9,115	17,500
19,00	0,00	0,970	0,720	0,550	1,804	7,483	1,894	44,590	9,100	17,490
20,00	0,00	1,010	0,750	0,555	1,834	7,212	1,907	44,280	9,085	17,480
21,00	0,00	1,050	0,780	0,560	1,864	6,941	1,920	43,970	9,070	17,470
22,00	0,00	1,090	0,810	0,565	1,894	6,670	1,933	43,660	9,055	17,460
23,00	0,00	1,130	0,840	0,570	1,924	6,399	1,946	43,350	9,040	17,450
24,00	0,00	1,170	0,870	0,575	1,954	6,128	1,959	43,040	9,025	17,440
25,00	0,00	1,210	0,900	0,580	1,984	5,857	1,972	42,730	9,010	17,430
26,00	0,00	1,250	0,930	0,585	2,014	5,586	1,985	42,420	8,995	17,420
27,00	0,00	1,290	0,960	0,590	2,044	5,315	1,998	42,110	8,980	17,410
28,00	0,00	1,330	0,990	0,595	2,074	5,044	2,011	41,800	8,965	17,400
29,00	0,00	1,370	1,020	0,600	2,104	4,773	2,024	41,490	8,950	17,390
30,00	0,00	1,410	1,050	0,605	2,134	4,502	2,037	41,180	8,935	17,380

Рис. 1. Разработанная программа по расчету критериев оценки активности и фазового состава для группы никелевых шлаков.

Уфалейский никелевый завод (гран.)

% шлага	% п-цем	К(осн)	М(осн)	К(кач)	К(акт)	СА	С2F	САС04	FS	CS	SiO2своб.
0.00	100.00	2.888	0.154	0.461	1.771	5.270	2.889	0.493	66.079	78.600	-27.611
1.00	99.00	2.889	0.161	0.478	1.779	5.298	2.922	0.539	66.418	79.032	-27.765
2.00	98.00	2.889	0.169	0.495	1.787	5.326	2.965	0.586	64.757	79.465	-27.920
3.00	97.00	2.890	0.176	0.513	1.796	5.354	2.989	0.631	64.096	79.898	-28.074
4.00	96.00	2.890	0.184	0.530	1.804	5.382	3.022	0.677	63.436	80.330	-28.228
5.00	95.00	2.890	0.192	0.547	1.812	5.410	3.055	0.723	62.775	80.763	-28.382
6.00	94.00	2.891	0.200	0.565	1.821	5.437	3.088	0.769	62.114	81.195	-28.536
7.00	93.00	2.891	0.208	0.583	1.829	5.465	3.121	0.815	61.453	81.628	-28.691
8.00	92.00	2.892	0.216	0.601	1.838	5.493	3.155	0.862	60.792	82.061	-28.845
9.00	91.00	2.892	0.224	0.619	1.847	5.521	3.188	0.908	60.132	82.493	-28.999
10.00	90.00	2.893	0.233	0.637	1.855	5.549	3.221	0.954	59.471	82.926	-29.153
11.00	89.00	2.893	0.241	0.655	1.864	5.577	3.254	1.000	58.810	83.358	-29.308
12.00	88.00	2.894	0.250	0.673	1.873	5.605	3.288	1.046	58.149	83.791	-29.462
13.00	87.00	2.894	0.259	0.692	1.882	5.633	3.321	1.092	57.489	84.224	-29.616
14.00	86.00	2.895	0.268	0.710	1.891	5.661	3.354	1.138	56.828	84.656	-29.770
15.00	85.00	2.895	0.277	0.729	1.900	5.688	3.387	1.184	56.167	85.089	-29.924
16.00	84.00	2.895	0.286	0.748	1.909	5.716	3.420	1.230	55.506	85.521	-30.079
17.00	83.00	2.896	0.295	0.767	1.918	5.744	3.454	1.276	54.845	85.954	-30.233
18.00	82.00	2.896	0.305	0.786	1.927	5.772	3.487	1.322	54.185	86.387	-30.387
19.00	81.00	2.897	0.314	0.805	1.937	5.800	3.520	1.368	53.524	86.819	-30.541
20.00	80.00	2.897	0.324	0.825	1.946	5.828	3.553	1.414	52.863	87.252	-30.696
21.00	79.00	2.897	0.334	0.844	1.955	5.856	3.586	1.460	52.202	87.684	-30.850
22.00	78.00	2.898	0.344	0.864	1.965	5.884	3.620	1.507	51.541	88.117	-31.004
23.00	77.00	2.898	0.354	0.884	1.975	5.912	3.653	1.553	50.881	88.550	-31.158
24.00	76.00	2.899	0.365	0.904	1.984	5.940	3.686	1.599	50.220	88.982	-31.312
25.00	75.00	2.899	0.375	0.924	1.994	5.967	3.719	1.645	49.559	89.415	-31.467
26.00	74.00	2.899	0.386	0.944	2.004	5.995	3.752	1.691	48.898	89.847	-31.621
27.00	73.00	2.900	0.397	0.964	2.014	6.023	3.786	1.737	48.238	90.280	-31.775

Рис. 2. Расчетные данные $K_{осн}$, $M_{осн}$, $K_{кач}$ и $K_{акт}$ и фазового состава никелевых и ферроникелевых шлаков.

Таблица 1

Расчетные данные фазового состава, $K_{осн}$ и $K_{акт}$ никелевых шлаков

Шлак			Расчетный фазовый состав			Критерии оценки	
			CS	CA	FS	$K_{осн}$	$K_{акт}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Норильский (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	9,385	12,633	50,481	0,201	1,224
		С доб. 30% п-ц	43,128	11,261	35,337	0,953	1,571
	по откорр.	Чистый	53,713	12,633	50,481	1,148	1,224
		С доб. 30% п-ц	74,157	11,261	35,337	1,638	1,571
Печенга никель (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	12,779	15,857	45,631	0,249	1,156
		С доб. 30% п-ц	45,503	15,518	31,942	0,94	1,509
	по откорр.	Чистый	52,849	15,857	45,631	1,081	1,156
		С доб. 30% п-ц	73,552	13,518	31,942	1,52	1,509
Североникель (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	37,77	12,4	31,196	0,556	1,036
		С доб. 30% п-ц	62,997	11,098	21,837	1,049	1,381
	по откорр.	Чистый	65,163	12,4	31,196	0,959	1,036
		С доб. 30% п-ц	82,172	11,098	21,837	1,368	1,381
Бурукталский (отвальный)	по осн. формуле	Чистый	-4,234	18,863	19,965	-0,045	0,365
		С доб. 30% п-ц	33,594	15,622	13,976	0,427	0,751
	по откорр.	Чистый	13,298	18,863	19,965	0,141	0,365
		С доб. 30% п-ц	45,866	15,622	13,976	0,583	0,751
Бурукталский (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	14,151	18,802	14,237	0,16	0,509
		С доб. 30% п-ц	46,463	15,579	9,966	0,623	0,903
	по откорр.	Чистый	18,802	26,652	14,237	0,301	0,509
		С доб. 30% п-ц	55,214	15,579	9,966	0,741	0,903
Режский (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	17,675	25,885	25,808	0,276	0,917
		С доб. 30% п-ц	48,930	20,538	18,065	0,852	1,309
	по откорр.	Чистый	40,337	25,885	25,808	0,629	0,917
		С доб. 30% п-ц	64,794	20,538	18,065	1,129	1,309
Орско-Халиловский (гранулированный)	по осн. формуле	Чистый	41,082	9,3	31,068	0,611	1,05
		С доб. 30% п-ц	65,315	8,928	21,748	1,096	1,395
	по откорр.	Чистый	68,364	9,3	31,068	1,017	1,05
		С доб. 30% п-ц	84,412	8,928	21,748	1,417	1,395

1	2	3	4	5	6	7	8
Побужский (отвальный)	по осн. формуле	Чистый	55,472	7,75	14,18	0,595	0,76
		С доб. 30% п-ц	75,388	7,843	9,926	0,969	1,101
	по откорр.	Чистый	67,924	7,75	14,18	0,728	0,76
		С доб. 30% п-ц	84,104	7,843	9,926	1,081	1,101
Южурал- никель (гра- нули- рованный)	по осн. формуле	Чистый	52,665	14,089	20,674	0,736	1,067
		С доб. 30% п-ц	73,424	12,281	14,482	1,173	1,414
	по откорр.	Чистый	70,82	14,089	20,674	0,99	1,067
		С доб. 30% п-ц	86,132	12,281	14,472	1,376	1,414
Юж урални-кель (отвальный)	по осн. формуле	Чистый	40,526	13,996	24,231	0,547	0,938
		С доб. 30% п-ц	64,926	12,216	16,964	1,009	1,293
	по откорр.	Чистый	61,805	13,996	24,234	0,835	0,938
		С доб. 30% п-ц	79,822	12,216	16,964	1,24	1,293
Уфалейский (гранули- рованный)	по осн. формуле	Чистый	20,575	5,27	66,079	0,756	1,771
		С доб. 30% п-ц	50,961	6,107	46,255	1,614	2,044
	по откорр.	Чистый	78,6	5,27	66,079	2,888	1,771
		С доб. 30% п-ц	91,578	6,107	46,255	2,901	2,044

К первой группе относятся: Буруктальский (отвальный), $K_{\text{акт}} = 0,365$ ($K_{\text{осн}} = 0,141$); Буруктальский (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 0,509$ ($K_{\text{осн}} = 0,301$).

Ко второй: Побужский (отвальный), $K_{\text{акт}} = 0,76$ ($K_{\text{осн}} = 0,728$); Режский (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 0,917$ ($K_{\text{осн}} = 0,629$); шлаки Комбинат Южуралникель (отвальный) с $K_{\text{акт}} = 0,938$ ($K_{\text{осн}} = 0,835$); Орско-Халиловский (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 1,05$ ($K_{\text{осн}} = 1,017$); шлаки Комбинат Североникель (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 1,036$ ($K_{\text{осн}} = 0,959$).

К третьей: шлаки Комбинат Печенганикель (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 1,156$ ($K_{\text{осн}} = 1,031$); Норильский (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 1,224$ ($K_{\text{осн}} = 1,148$); Уфалейский (гранулированный), $K_{\text{акт}} = 1,771$ ($K_{\text{осн}} = 2,888$).

Литература

1. Касьмова М.Т., Суворова Г.Ф. Основы технологии вяжущих веществ и бетонов на базе никелевых шлаков. – Бишкек: КыргНИИНТИ, 1993. – 68 с.
2. Касьмова М.Т. Исследование безобжиговых вяжущих веществ и бетонов на базе никелевых и ферроникелевых шлаков: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1980. – 27 с.
3. Касьмова М.Т. Исследование безобжиговых вяжущих веществ и бетонов на базе никелевых и ферроникелевых шлаков: Дис. канд. техн. наук. – Л., 1980. – 213 с.