Система ОРАКУЛ для построения системы автоматического ведения плавки Сталеплавильного Производства ОАО «Северсталь»

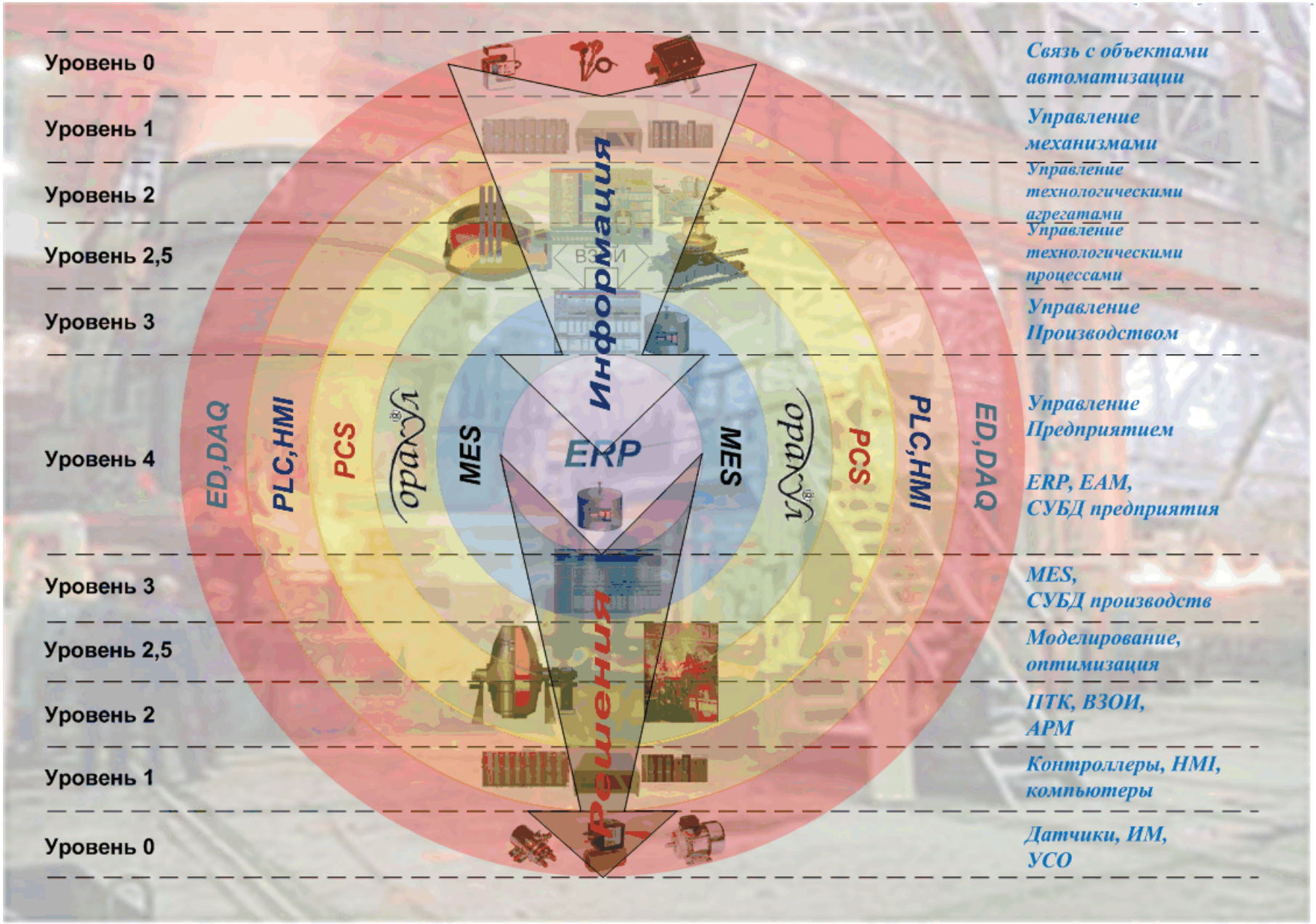
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ
научно-производственное объединение

ОРАКУЛ
Научно-производственное предприятие

Эффективное управление технологическими и производственными процессами в реальном времени

Система ОРАКУЛ – фундамент комплексной АСУТП «Плавка»

Архитектура построения комплексной АСУ СП



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

Формализация цели и состояния процесса

Научный подход

Учет накопленного опыта ведения процесса

Математическое моделирование

Прогноз текущего состояния

Проектирование перевода из текущего состояния в заданное

Адаптация и самообучение

Статистический анализ

«Ситуационное» управление и управление «по расчету»

Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи

Механизмы оптимизации

Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Формализация цели и хода процесса

Редактор технологической карты 18:53:57 29.05.2002

ТК 3 ПР 18

Требования к химсоставу

		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N	B	Al	Mo	As	Nb	Sn	Ti	Pb	Zr	Sb	Co	V
Требования НТД	мин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	макс	0.170	1.450	–	0.045	0.045	–	–	–	0.009	–	–	0.050	0.080	0.006	0.050	–	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Допуски в прокате	мин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	макс	0.020	0.100	–	0.010	0.010	–	–	–	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рекоменд. состав	мин	0.110	0.330	0.110	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	max	0.140	0.500	0.190	0.030	0.015	0.300	0.300	0.350	–	–	–	0.050	0.080	0.006	0.050	–	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Цель (LRF)		0.130	0.400	0.130	–	0.012	–	–	–	–	–	–	0.050	0.080	0.006	0.050	–	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Цель (EAF)		0.130	0.400	0.130	–	0.012	–	–	–	–	–	–	0.050	0.080	0.006	0.050	–	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
С эквив.от 0.00 до 0.35		1.000	0.167	–	–	–	0.200	0.067	0.067	–	–	–	0.200	0.067	–	–	–	–	0.200	0.200	–	0.200

Требования к используемым материалам

Корз.1 | Корз.2 | Корз.3 | Плавление | Доводка | Слив(эт.1) | Слив(эт2) | Слив(эт.3) | УКП(эт.1) | УКП(эт.2) | УКП(эт.3) | Вакуум. | Промковш | Резерв | Резерв

Материал	Ед.изм.	Элемент	Мин.	Макс.	Коэфф.	Для замены	Резерв	Резерв	Резерв
Кокс мел.	–	–	0.00	1000.00	0.00	–		0.00	0.00
Графит	–	–	0.00	1000.00	0.00	Кокс мел.		0.00	0.00
CaO кус	–	–	400.00	450.00	0.00	–		0.00	0.00
SiMn73	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00
SiMn65	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00
FeMn78	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00

Шаблон

Требования к используемым устройствам

Корз.1 | Корз.2 | Корз.3 | Плавление | Доводка | Слив(эт.1) | Слив(эт2) | Слив(эт.3) | УКП(эт.1) | УКП(эт.2) | УКП(эт.3) | Вакуум. | Промковш | Резерв | Резерв

Оборудование	Вещество	Ед.диап.	Диапазон		Ед.инт.	Мин.	Макс.	Для замены
ПСН	Ступ. ПСН	°C	0.00	1700.00	–	20.00	22.00	–
Simelt AC	Кривая	кВт*ч/т	0.00	435.00	–	3.00	7.00	–
Реактор35к	Ступ. реакт	–	0.00	0.00	–	4.00	5.00	–
П2 Палмур	O2	–	0.00	0.00	нм3/т	0.00	10.00	–
П2 М-р Фукс	O2	–	0.00	0.00	нм3/т	0.00	10.00	П2 Палмур
Stein C	Кокс печн	°C	0.00	0.00	кг/т	0.00	1.00	–

F1 Помощь | F2 Открыть | F9 Запись | F10 Выход | ОРАКУЛ

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- **Научный подход**
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Научный подход

Модель взаимодействия фаз	
Термодинамика	***Кинетика***
Критерии равновесия по методу Д.В. Гиббса	**Взаимодействие на границах раздела фаз**
Уравнения состояния	**Гидродинамика ванны**
Расчет равновесия	**Перемешивание и усреднение**
Энтальпийно-тепловые расчеты	**Перегрев шлака и поверхности металла**

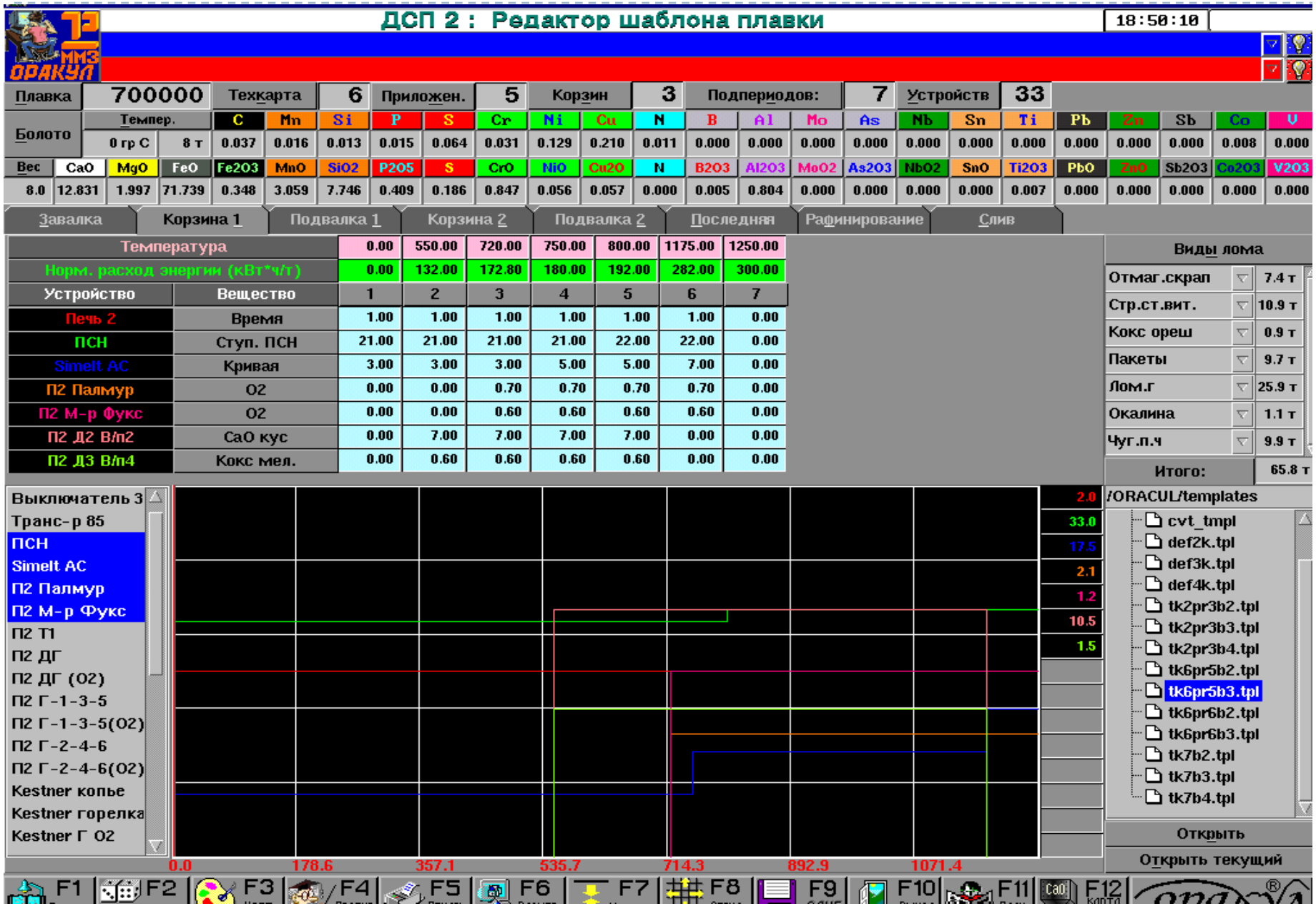
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- **Учет накопленного опыта ведения процесса**
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Формализация и учет накопленного опыта.



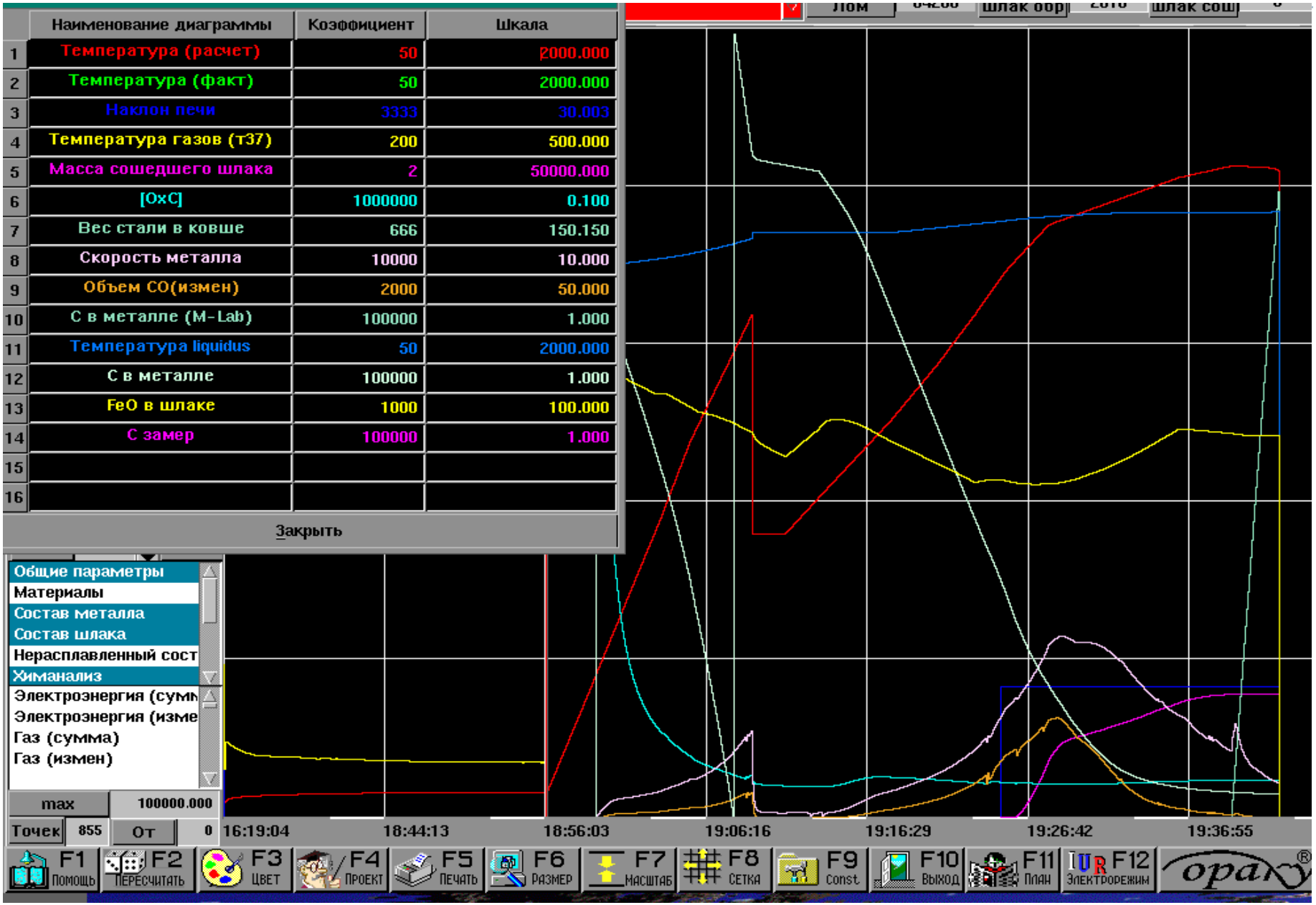
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- **Математическое моделирование**
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Модель расчета химсостава и температуры металла и шлака



	Наименование диаграммы	Коэффициент	Шкала
1	Температура (расчет)	50	2000.000
2	Температура (факт)	50	2000.000
3	Наклон печи	3333	30.003
4	Температура газов (т37)	200	500.000
5	Масса сошедшего шлака	2	50000.000
6	[OxC]	1000000	0.100
7	Вес стали в ковше	666	150.150
8	Скорость металла	10000	10.000
9	Объем CO(измен)	2000	50.000
10	C в металле (M-Lab)	100000	1.000
11	Температура liquidus	50	2000.000
12	C в металле	100000	1.000
13	FeO в шлаке	1000	100.000
14	C замер	100000	1.000
15			
16			

Закрыть

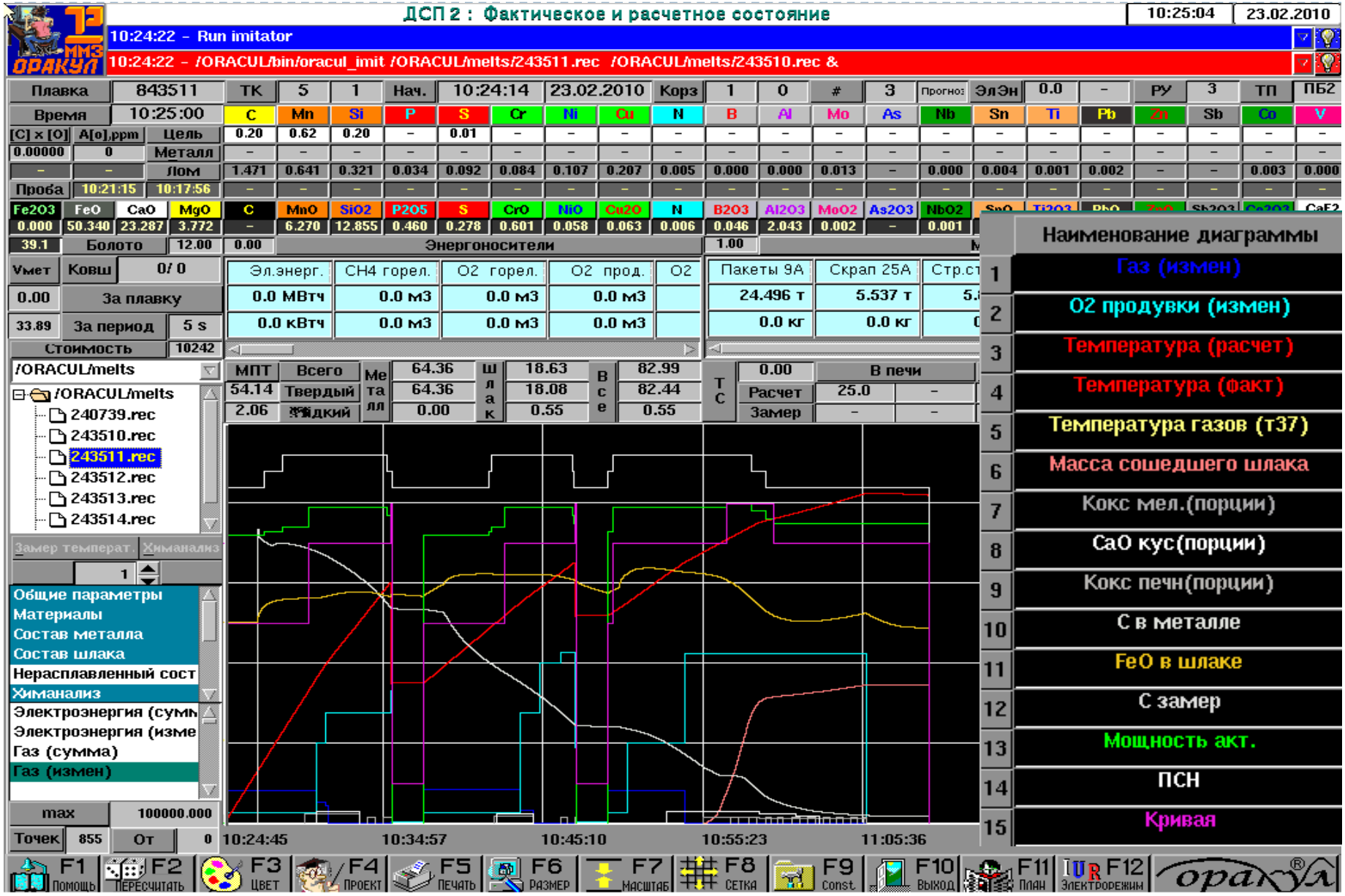
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- **Прогноз текущего состояния**
- **Проектирование перевода из текущего состояния в заданное**
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

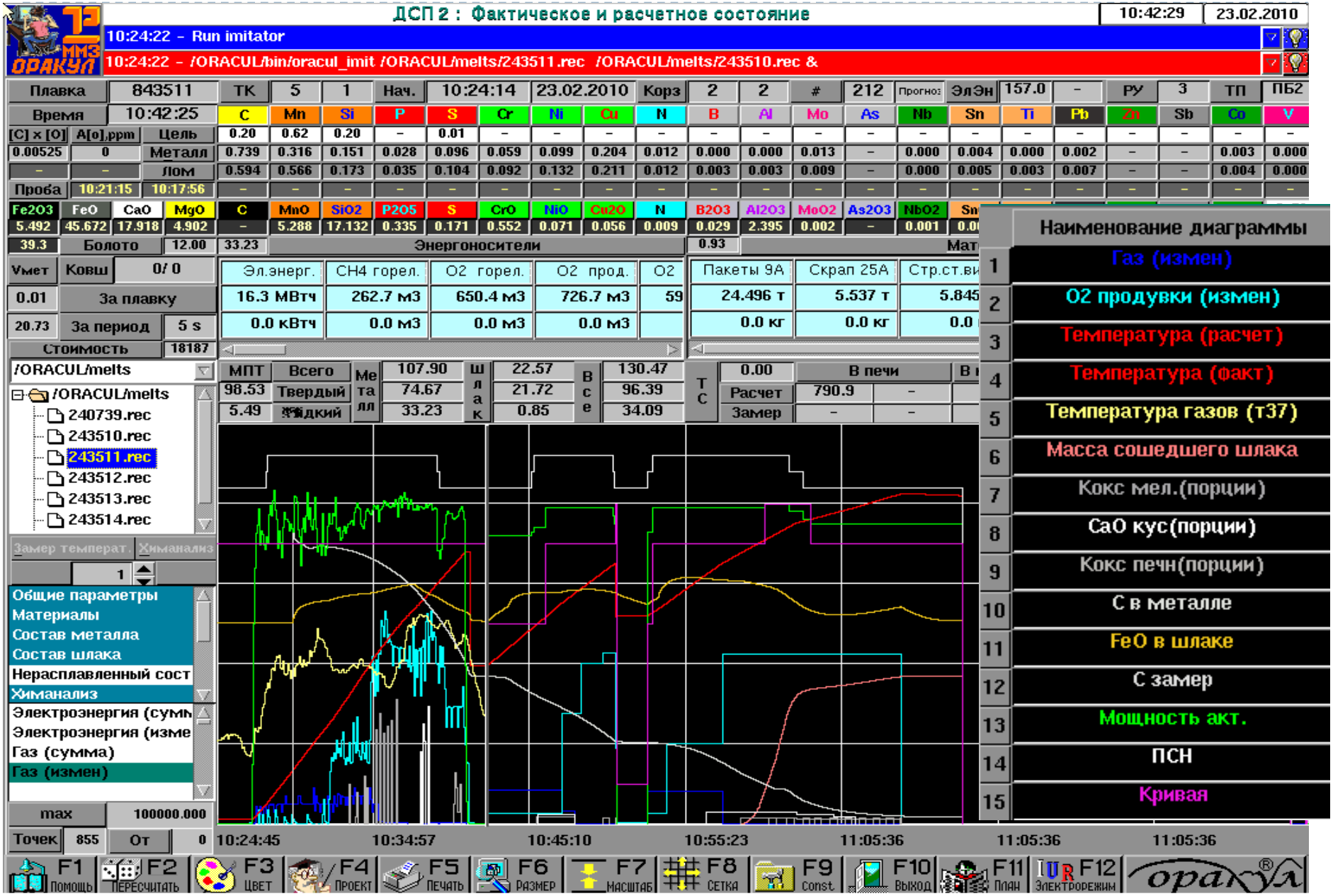
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Первоначальный проект плавки



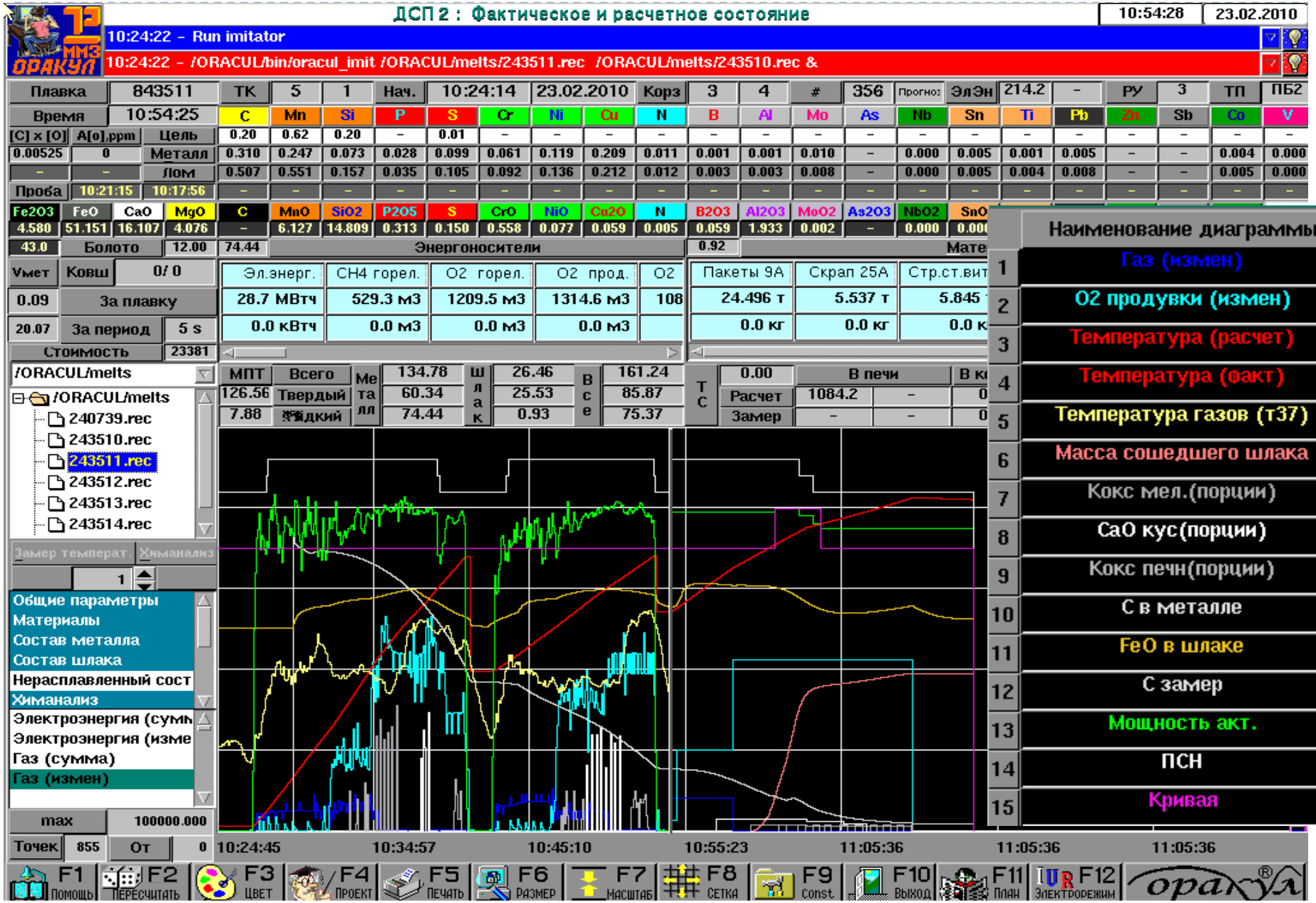
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Корректировка проекта плавки после плавления 1-ой корзины



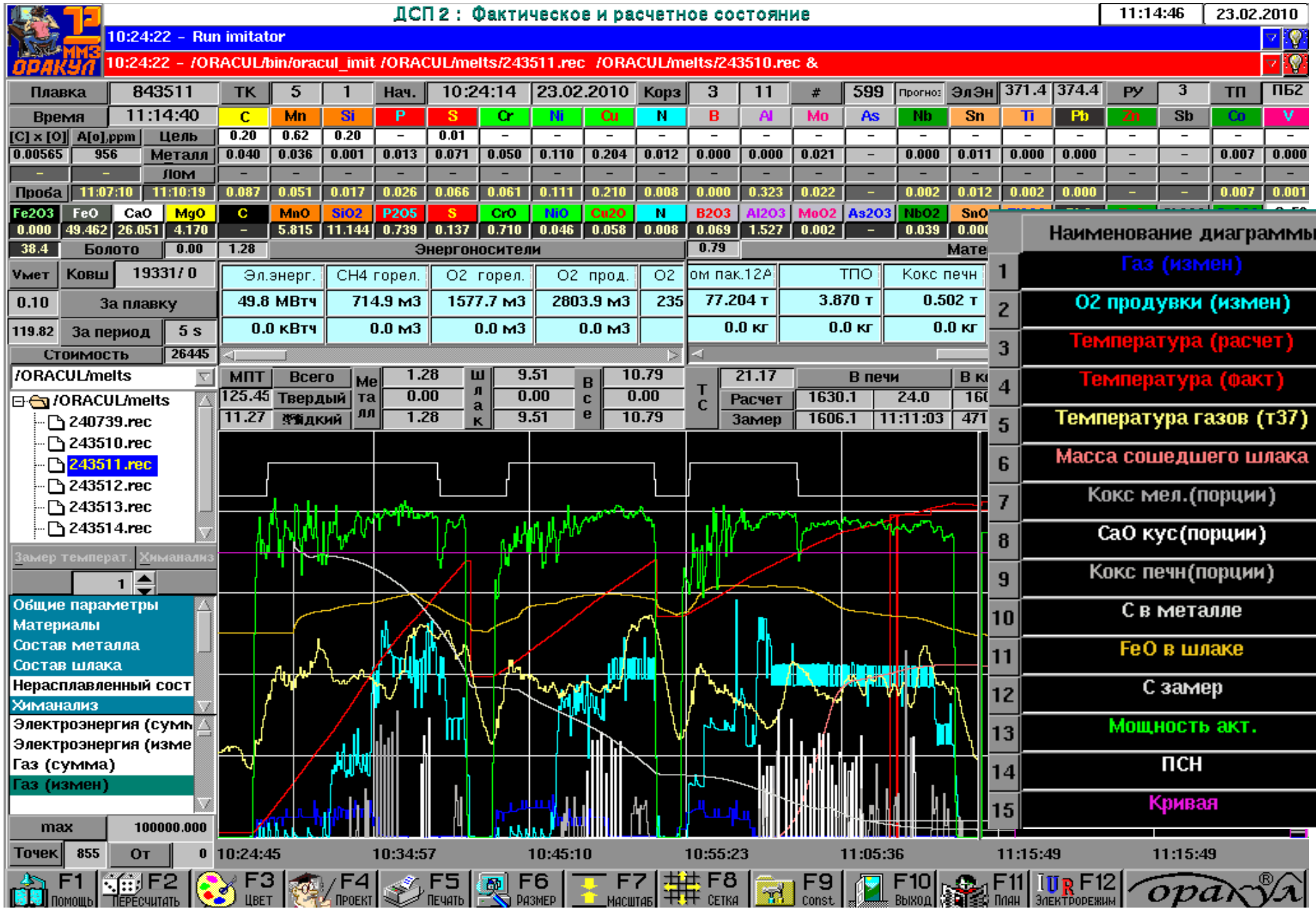
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Корректировка проекта плавки после плавления 2-ой корзины



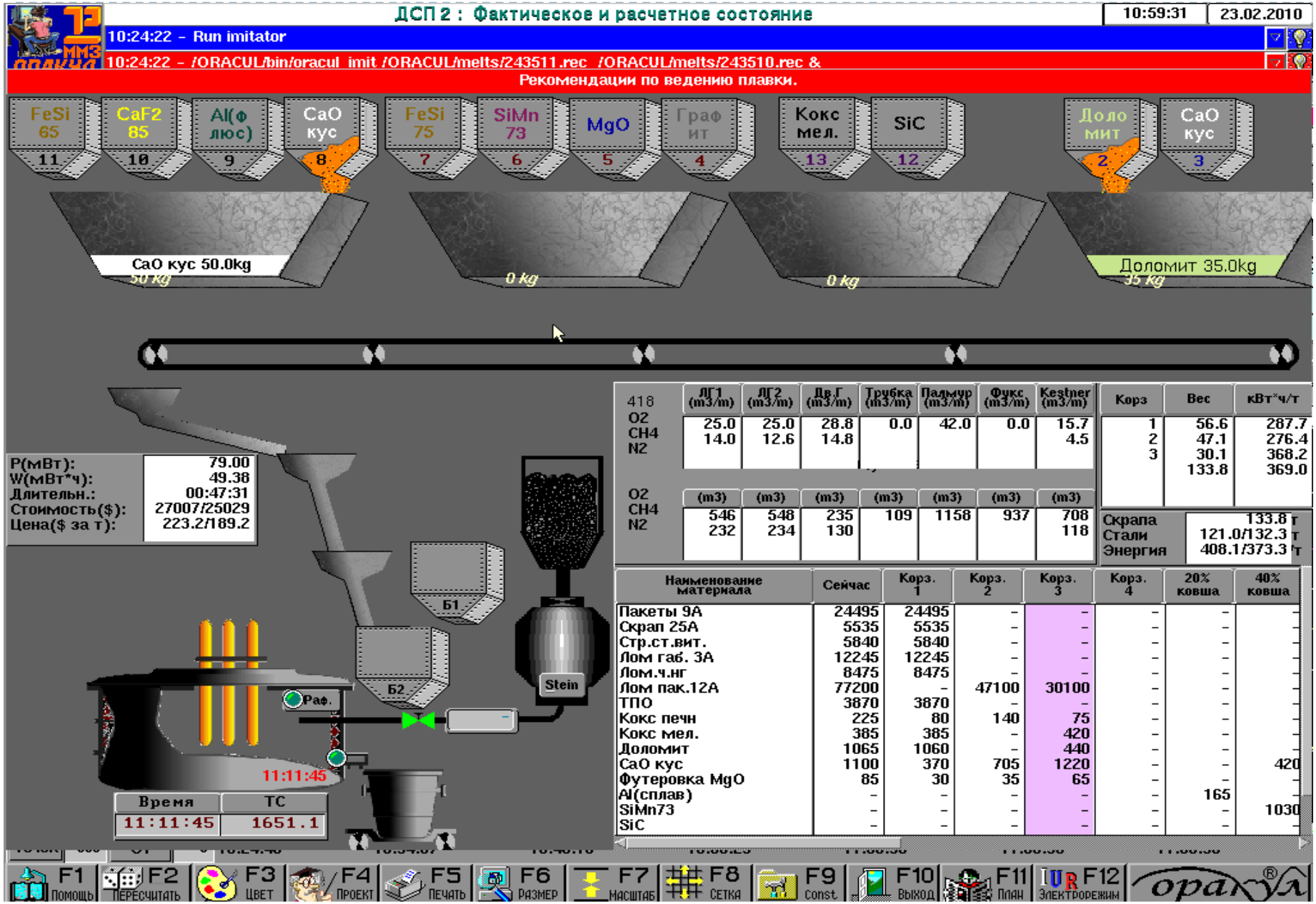
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Итоговая информация по окончании плавки



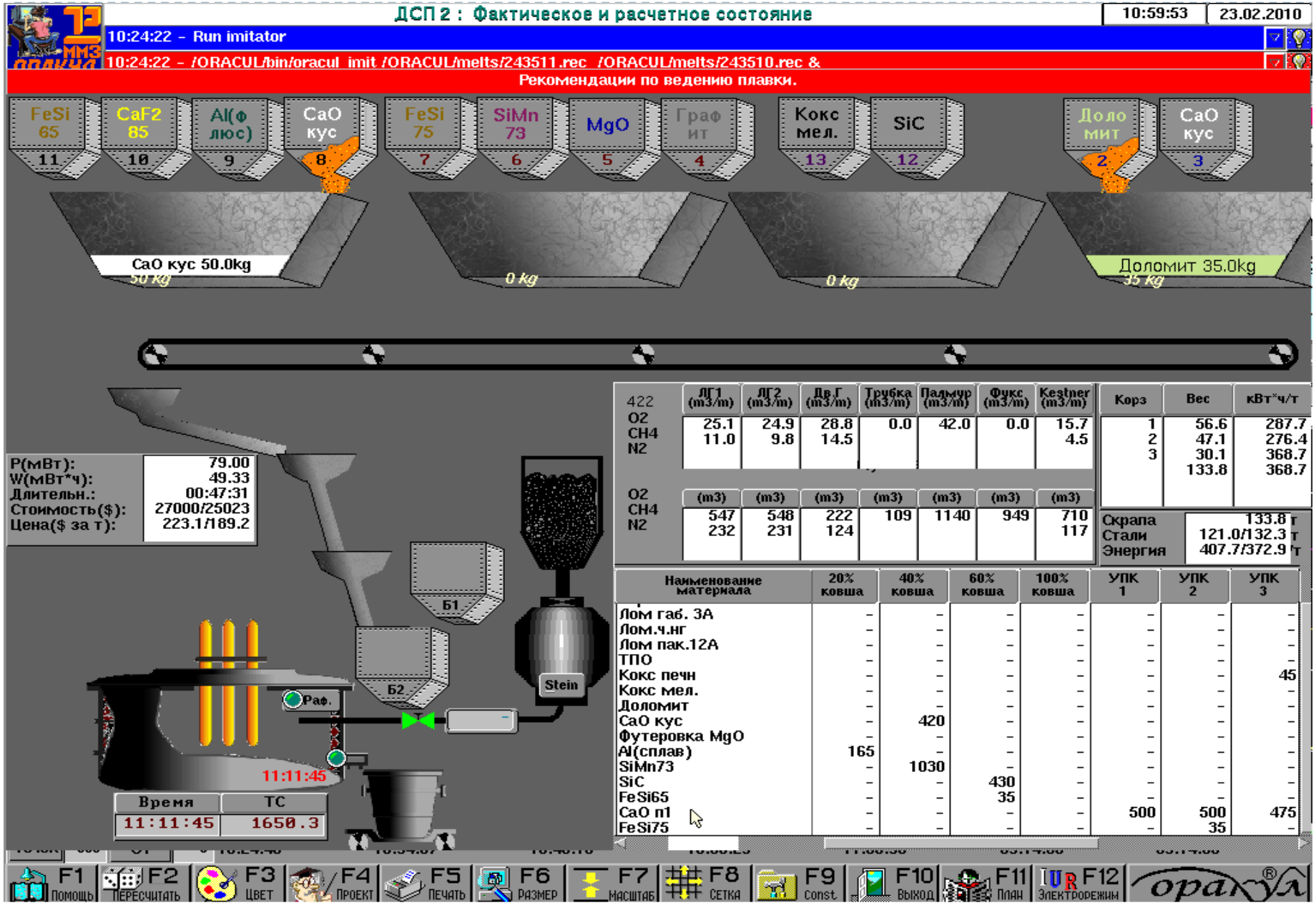
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет проектных показателей плавки в печи



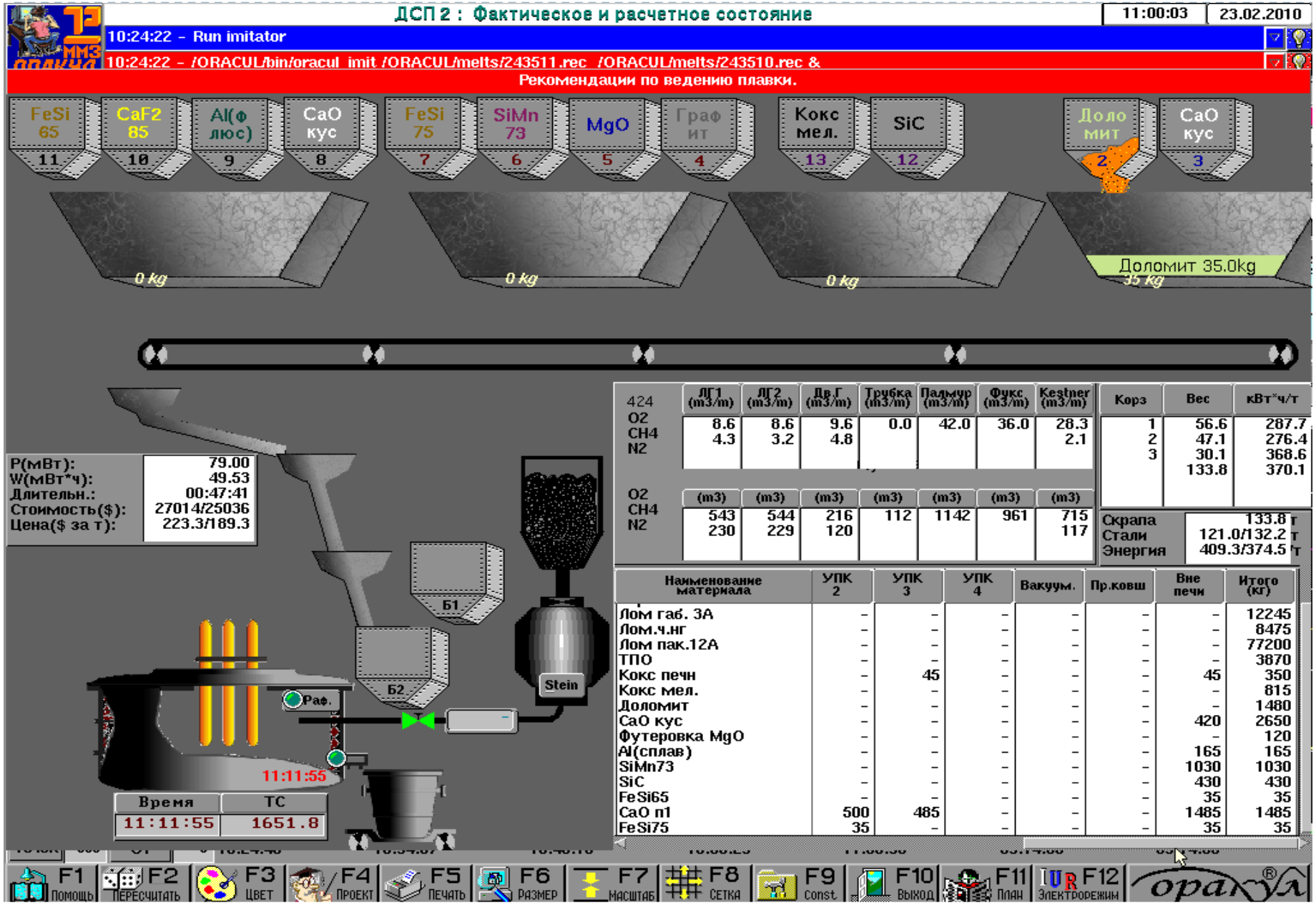
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет проекта легирования на сливе и на УКП



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет проектных итоговых показателей



Предлагаем ознакомиться с видеофайлом работы системы ОРАКУЛ сталеплавильного агрегата
SHARP

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- **Адаптация и самообучение**
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Адаптация и самообучение

ОРАКУЛ

Цена (за 1000)	84.09	Лом.г	0
Группа	Лом	Sn	0.0090
Mn	0.7350	MgO	0.0000
Si	0.2300	CaO	0.0000
Al	0.0000	Fe2O3	2.5000
Fe	−1.0000	SiO2	2.5000
Cu	0.1980	Al2O3	0.2500
Ti	0.0012	CaF2	0.0000
B	0.0004	TiO2	0.0000
C	0.3500	SiC	0.0000
P	0.0408	Cr2O3	0.0000
S	0.0841	FeO	0.0000
N	0.0000	Fe3O4	0.0000
Pb	0.0020	dO2	0.0000
Cr	0.0980	Усвоение	1.0000
Mo	0.0306	Теплоемкость	0.3111
Co	0.0050	Задержка (с)	10
Ni	0.1339	Плавление(с)	50

F1 Помощь | F2 Подбор | F3 Редактор схем состава | F6 Замена кода | F7 Добавить материал | F8 Удалить материал

ОРАКУЛ

Цена (за 1000)	76.20	Скрап.пр–ва	5
Группа	Лом	MnO	0.0000
Mn	0.4455	MgO	0.9900
Si	0.1400	CaO	6.5000
Al	0.0100	Fe2O3	0.0000
Fe	−1.0000	SiO2	5.0000
Cu	0.1400	Al2O3	0.8700
Ti	0.0007	CaF2	0.0000
B	0.0000	TiO2	0.0500
C	0.2500	SiC	0.0000
P	0.0252	Cr2O3	0.5100
S	0.0093	FeO	8.3000
N	0.0050	Fe3O4	0.0000
Pb	0.0010	dO2	0.0000
Cr	0.0396	Усвоение	1.0000
Mo	0.0300	Теплоемкость	0.3359
MgO	0.0000	Задержка (с)	10
P2O5	0.0840	Плавление(с)	50

F1 Помощь | F2 Подбор | F3 Редактор схем состава | F6 Замена кода | F7 Добавить материал | F8 Удалить материал

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- **Статистический анализ**
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»
Статистический анализ

ТК/ПР (плавок)	20% ковша	40% ковша	60% ковша	100% ковша
1/10 (56)	Al(109)	SiMn73(803) , Графит(57)	SiC(224)	
3/4 (151)	SiAl(417)	SiMn73(622)	FeSi65(272)	
3/27 (42)	SiAl(474)	SiMn73(548)	FeSi75(183)	
4/9 (283)	SiAl(141), Графит(104)	SiMn73(1840), Графит(135)	SiC(339)	
5/6 (164)	SiAl(289)	SiMn73(1050)	SiC(396)	
7/11 (51)	Графит(174)	SiMn73(846)	SiC(419)	Графит(615)

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- **«Ситуационное» управление и управление «по расчету»**
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»
Ситуационное управление.

Ситуационное управление предполагает оперативную реакцию системы на событие, момент наступления и характеристики которого нельзя определить заранее с точностью, необходимой для выработки адекватных управляющих воздействий на механизмы и устройства, участвующие в технологическом процессе.

При выплавки стали на ДСП к подобным событиям можно, например, отнести:

- изменения угла наклона печи;
- обвалы шихты;
- поломки электродов;
- «вскипание» ванны.

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Ситуационное управление. Учет гармонических составляющих тока

Электрические параметры

Напряжение			Уставка 23/7	∑ /Kh	ϑ1	ϑ2	ϑ3	ϑ4	ϑ5	ϑ6	ϑ7	ϑ8	ϑ9	ϑ10	ϑ11	ϑ12	ϑ13	ϑ14
534.27	532.57	503.64	Ia (средее)		99.989	0.112	0.503	0.123	1.332	0.020	0.387	0.037	0.060	0.021	0.096	0.009	0.040	0.022
			Ia (дис./Kh)	17.35	0.000	0.008	0.166	0.010	1.153	0.000	0.097	0.001	0.002	0.000	0.006	0.000	0.001	0.000
Ток			Ib (средее)		99.978	0.335	1.448	0.093	1.338	0.029	0.581	0.049	0.107	0.025	0.111	0.010	0.053	0.026
57.00	56.73	56.12	Ib (дис./Kh)	17.70	0.000	0.074	1.372	0.006	1.168	0.001	0.220	0.002	0.008	0.000	0.008	0.000	0.002	0.000
			Ic (средее)		99.986	0.283	1.198	0.135	0.983	0.017	0.489	0.044	0.068	0.028	0.050	0.017	0.038	0.027
Сопротивление			Ic (дис./Kh)	17.28	0.000	0.052	0.943	0.012	0.632	0.000	0.156	0.001	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000
9.39	9.69	8.99	Ua (средее)		99.631	0.601	8.355	0.153	1.262	0.209	1.016	0.104	0.960	0.073	0.158	0.064	0.318	0.032
0.0	0.0	0.0	Ua (дис./Kh)	10.41	0.002	0.948	176.392	0.065	4.268	0.116	2.701	0.029	2.418	0.015	0.069	0.012	0.269	0.003
Давление			Ub (средее)		99.585	0.548	8.811	0.208	1.633	0.298	1.107	0.109	1.004	0.083	0.270	0.065	0.252	0.049
25.38	25.34	22.47	Ub (дис./Kh)	11.01	0.002	1.191	225.594	0.153	7.942	0.269	4.110	0.038	2.975	0.022	0.218	0.014	0.218	0.009
			Uc (средее)		99.638	0.288	8.413	0.093	0.882	0.171	0.344	0.048	0.797	0.051	0.190	0.069	0.168	0.045
P(МВт)	Q(МВАр)	S(МВА)	Uc (дис./Kh)	10.31	0.002	0.257	139.207	0.020	1.761	0.059	0.464	0.005	1.304	0.007	0.086	0.011	0.080	0.005
79	5	79	Uда (средее)		99.455	0.750	9.432	0.327	3.670	0.274	2.125	0.200	1.041	0.136	0.499	0.081	0.431	0.099
			Uда (дис./Kh)	12.68	0.007	0.919	139.584	0.172	21.470	0.128	7.260	0.074	1.790	0.030	0.435	0.012	0.318	0.016
МВт*ч	МВАр*ч	cos	Udb (средее)		99.778	0.354	6.516	0.096	0.710	0.268	0.754	0.073	0.645	0.049	0.239	0.058	0.131	0.077
29	6	1.00	Udb (дис./Kh)	8.01	0.001	0.837	212.872	0.057	2.869	0.372	3.020	0.028	2.131	0.013	0.414	0.017	0.100	0.035
			Udc (средее)		99.560	0.546	8.656	0.256	2.946	0.211	1.753	0.169	0.722	0.147	0.369	0.120	0.314	0.134
Ступ. реактора		4	Udc (дис./Kh)	11.36	0.007	0.422	79.892	0.083	9.497	0.049	3.357	0.039	0.587	0.027	0.162	0.022	0.109	0.025

T°C воды на охлаждение КД	0.0	Весы на скраповозах	1		0	2		0	3		0	4		0
Расход воды на охл. КД	0.0	Весы дозаторов	2		0.0	3		0.0	4		0.0	5		0.0

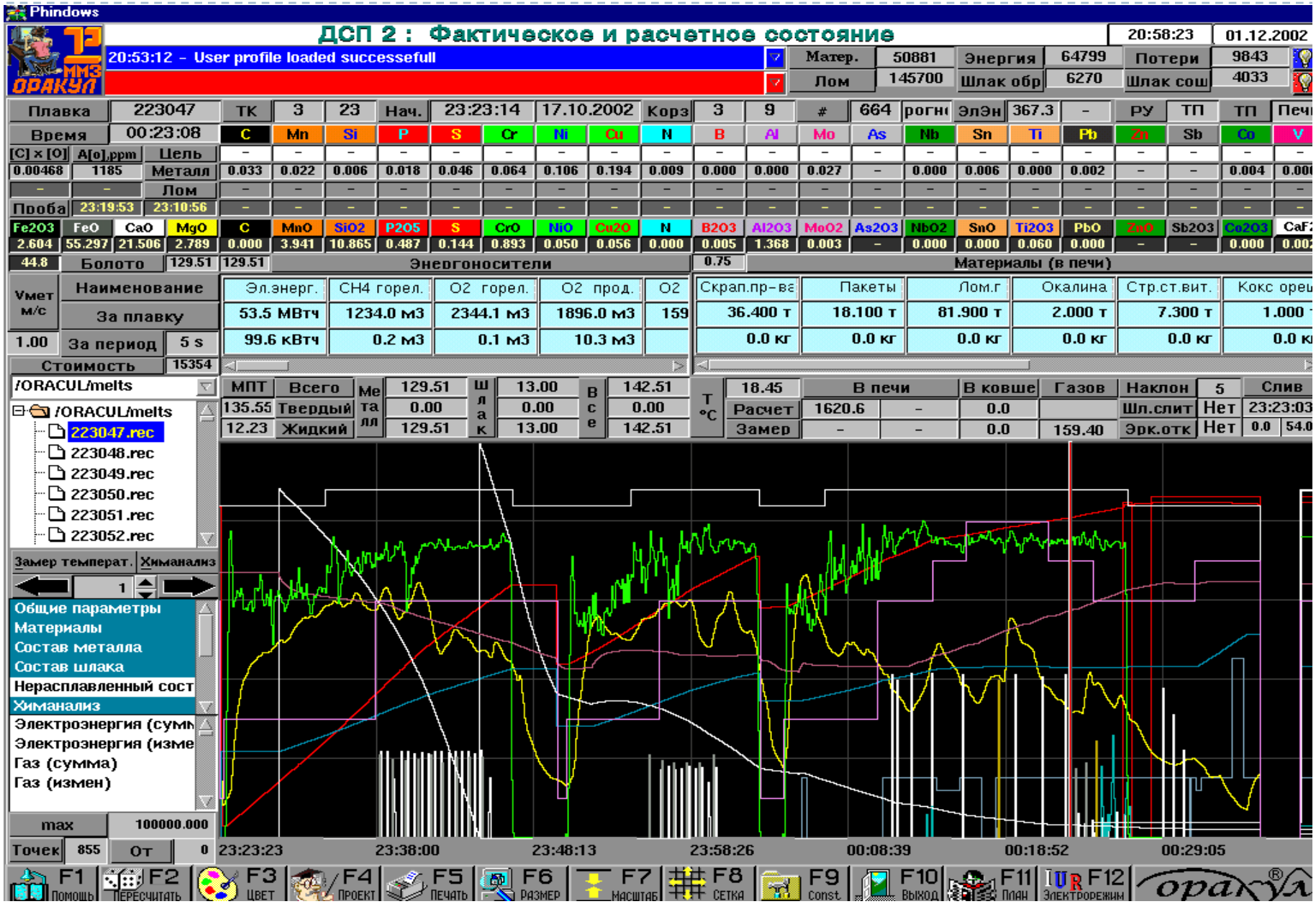
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- **Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи**
- Механизмы оптимизации
- Выдача управляющих воздействий

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Командная работа ОРАКУЛА и оператора.



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- **Механизмы оптимизации**
- Выдача управляющих воздействий

Назначение управляющих моделей

- Оптимизировать выполнение технологических операций, и саму технологию;
- автоматизировать процесс создания и освоения новых технологий выплавки и обработки стали;
- обеспечить оперативную оптимизацию режимов работы агрегатов для обеспечения наивысшей или заданной производительности производства;
- осуществить оптимизацию режима работы цеха для получения максимальной прибыли в рамках сменного, суточного или другого задания.

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Признаки интеллектуальной АСУТП

- Формализация цели и состояния процесса
- Научный подход
- Учет накопленного опыта ведения процесса
- Математическое моделирование
- Прогноз текущего состояния
- Проектирование перевода из текущего состояния в заданное
- Адаптация и самообучение
- Статистический анализ
- «Ситуационное» управление и управление «по расчету»
- Командная работа системы управления и технологического персонала для решения единой задачи
- Механизмы оптимизации
- **Выдача управляющих воздействий**

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Формирование уставок механизмам и устройствам

ДСП 2 : Ход и проект плавки — 3:34:54 — Слежение

221655	3/4	Жидкий металл								Жидкий шлак					
Параметр	Время	Тепло	Вес	C	Mn	Si	P	Cr	S	Вес	FeO	CaO	SiO2	P2O5	MgO
Цель		1600.0		0.070	0.400	0.120	–	–	0.010	–	–	–	–	–	–
Сейчас	03:34:49	1424.9	116.7	0.095	0.097	0.043	0.021	0.044	0.060	20.2	65.582	15.515	11.592	0.362	1.226
Анализ	02:55:40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
К сливу	03:57:59	1650.4	124.6	0.030	0.020	0.008	0.011	0.039	0.057	14.6	56.475	24.987	10.486	0.459	2.108
В ковше	04:03:59	–	125.5	0.077	0.437	0.134	0.014	0.037	0.015	5.5	2.720	64.361	16.829	0.094	3.109

Завалка | Корзина 1 | Подвалка 1 | Корзина 2 | Подвалка 2 | Последняя | Рафинирование | Слив

Температура (град С)		.73	1170.16	1172.42	1198.87	1245.29	1250.00	1289.66	1324.25	1358.10	1394.33	1428.99	1500.00
Энергия (кВт*ч/т)		.74	280.84	281.38	287.73	298.87	300.00	309.52	317.82	325.94	334.64	342.96	360.00
Устройство	Вещество	2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Выключатель	Напряж. 35кВ	.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
ПСН	Ступ. ПСН	.00	20.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	0.00
Simelt AC	Кривая	.00	3.00	3.00	3.00	3.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.00
П2 Палмур	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 М-р Фукс	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 Т1	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 ДГ	CH4	.29	0.29	0.29	0.24	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00
П2 Г-1-3-5	CH4	.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 Г-2-4-6	CH4	.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stein C	Кокс печн	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Сыпучие материалы		2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
CaO кус		.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00
CaCO3 Тр		.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
MgO		.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Графит		.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Кокс мел.		.00	0.00	0.00	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05

К1	Лом.г	32.60
	–	0.00
К2	–	0.00
	–	0.00
К3	–	0.00
	–	0.00
	–	0.00
	Итого:	32.60

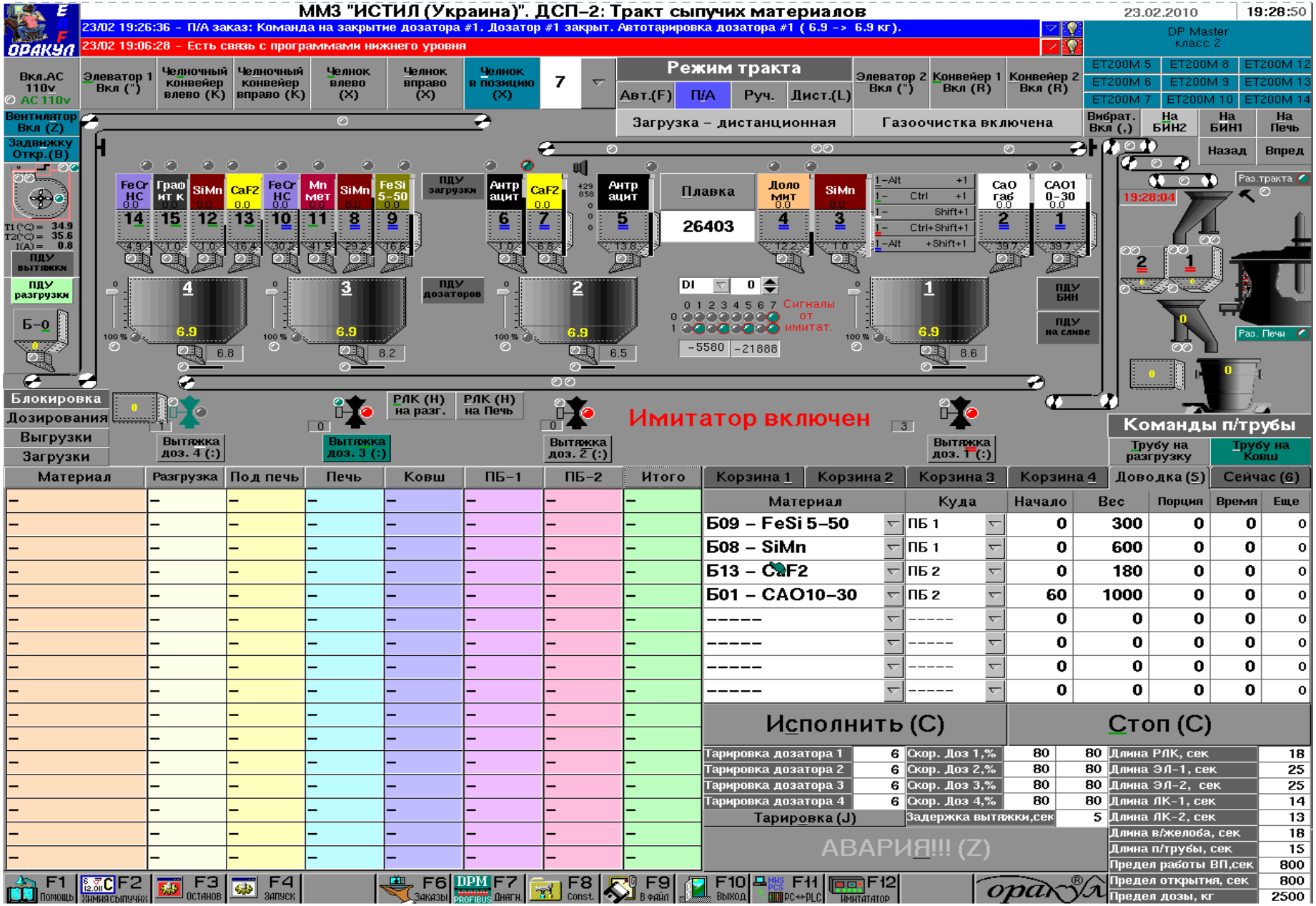
Показатели плавки	
Время (с/т)	31.03
Э/энергия (квт*ч/т)	448.74
Газ (м3/т)	6.50
Кислород (м3/т)	28.73
Лом (т/т)	1.12
CaO (кг/т)	63.40
CaCO3 (кг/т)	6.33
Кокс (кг/т)	7.99
Коксик (кг/т)	0.00
Рейтинг (у.е/т)	104.55

20 % ковша	SiAl	420.00	Al(c)	0.00												
40% ковша	Кокс мел.	0.00	Графит	0.00	CaO кус	450.00	SiMn73	965.00	SiMn65	0.00	FeMn78	0.00	FeMn88	0.00		
60 % ковша	SiC	0.00	FeSi75	225.00	FeSi65	0.00										
УКП	CaO п1	2995.00	CaO кус	0.00	CaF2 85	300.00	CaF2 91	0.00	SiAl	0.00	Кокс мел.	0.00	АПС	0.00	SiCa	

F1 Помощь | F9 Const | F10 Выход | F11 План | ОРАКУЛ®

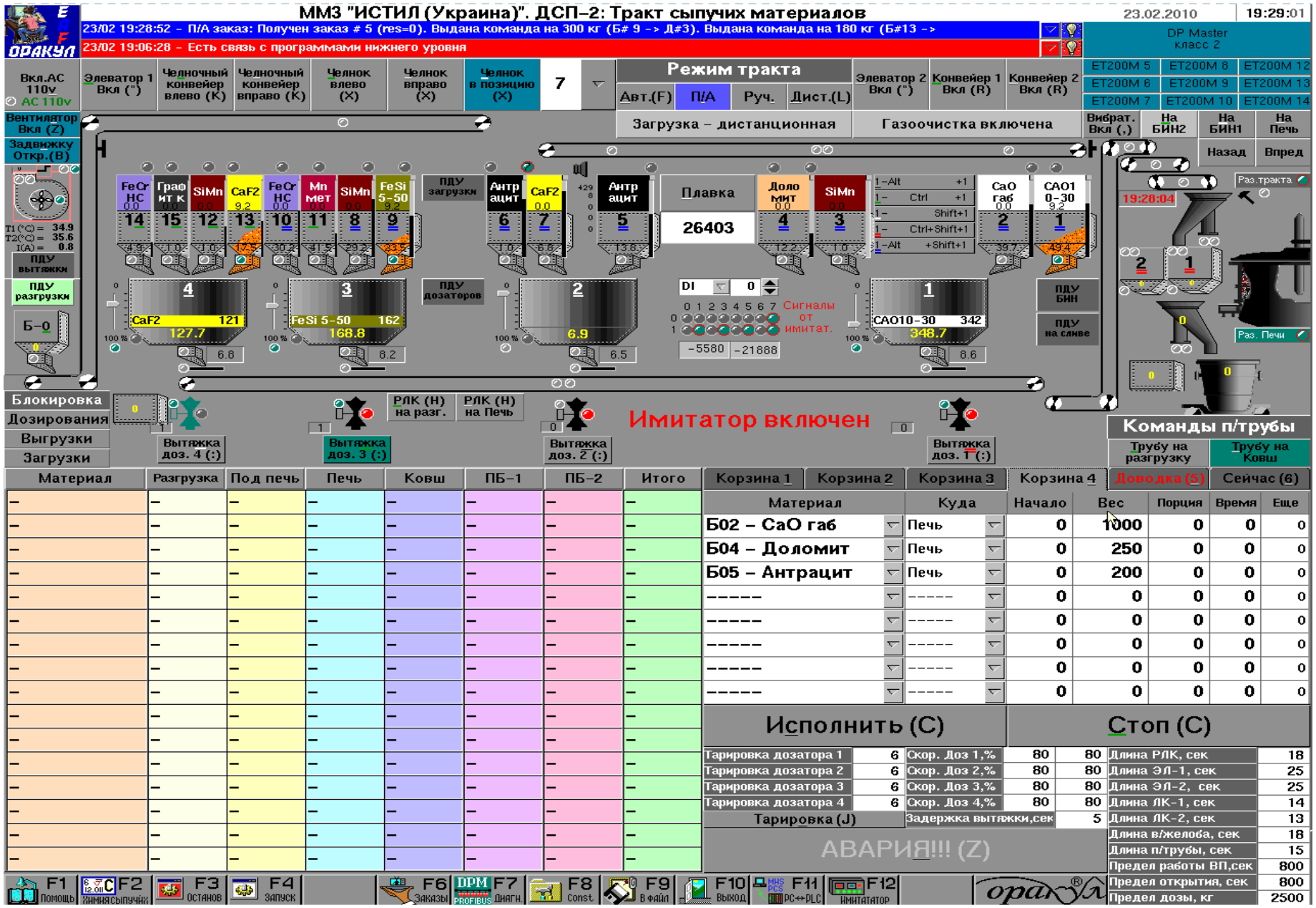
Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Управление трактом. Заказ дозирования на сливе



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

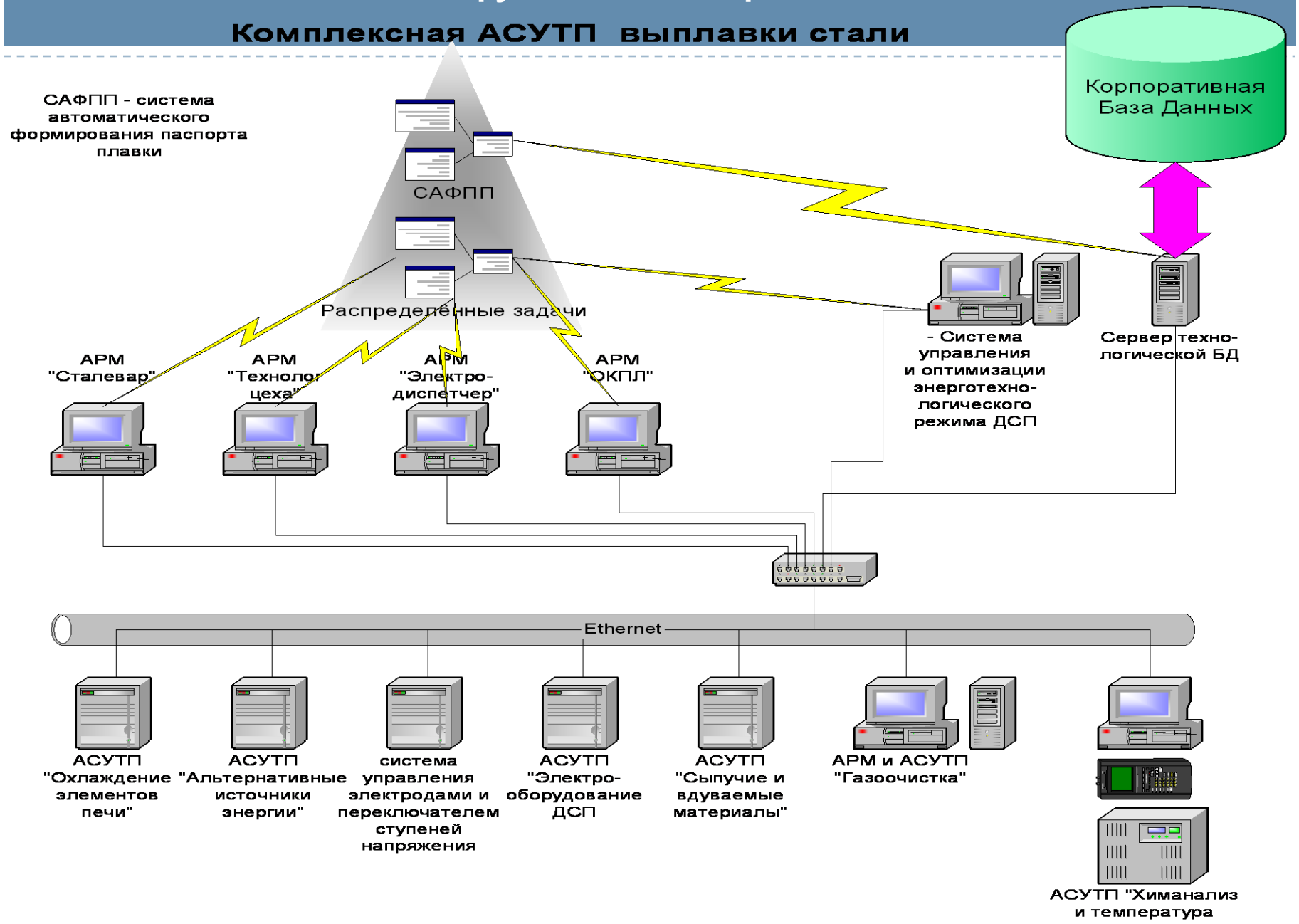
Управление трактом. Заказ дозирования в печь



Предлагаем ознакомиться с видеофайлом работы системы управления трактом сыпучих материалов с пакетным исполнением заказов дозирования…
SHARP

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Комплексная АСУТП выплавки стали



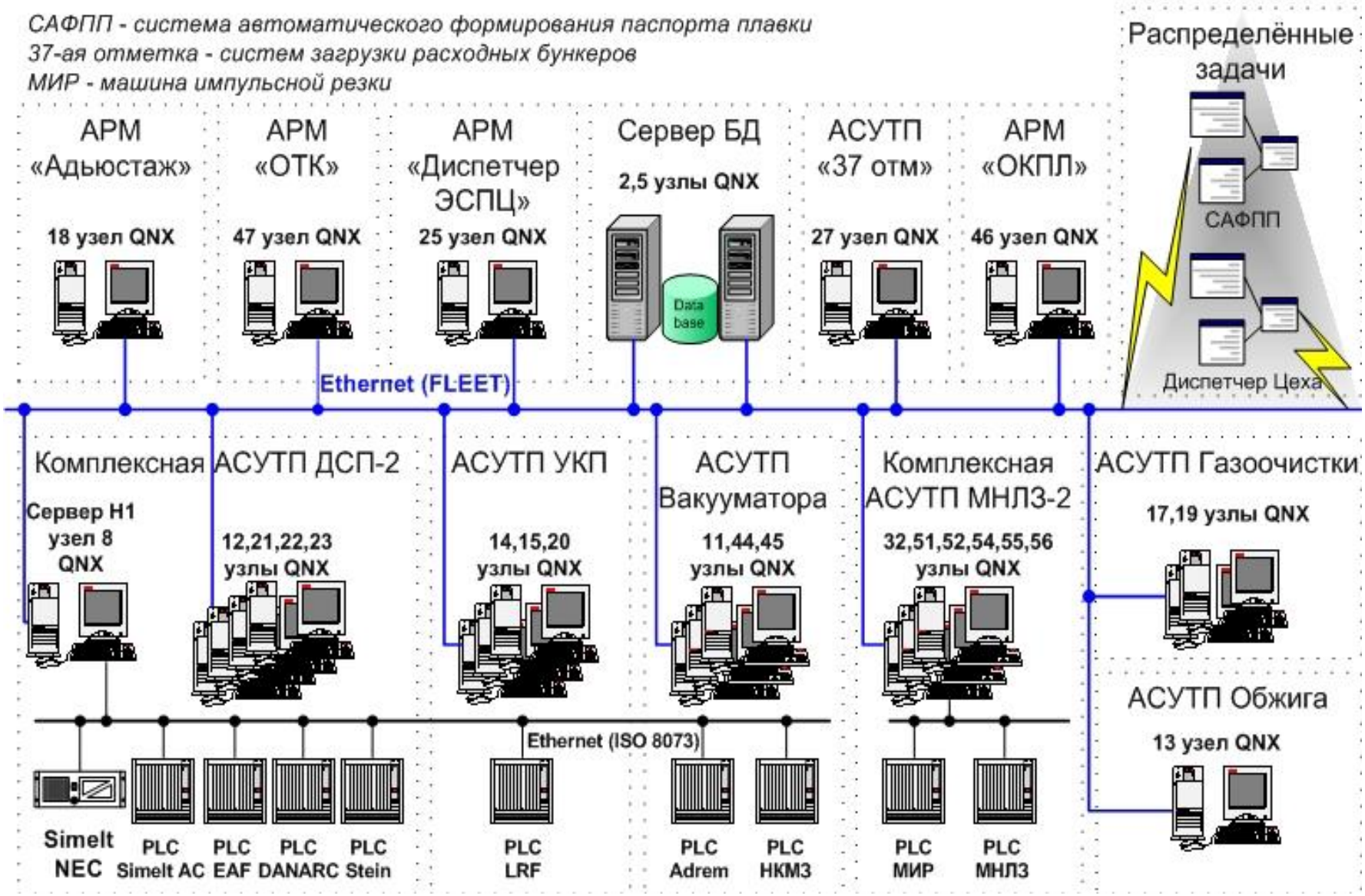
Комплексный подход к автоматизации металлургического комплекса
Перечень работ

1. Комплексное технологическое обследование металлургического комплекса (от датчика до «Главной книги») с целью выявления резервов повышения его производительности и снижения себестоимости выпускаемой продукции;
2. Создание интеллектуальных автоматизированных систем управления и модернизации существующих АСУТП и производственных систем сталеплавильного производства;
3. Разработка рациональных энерготехнологических режимов ведения плавки и внепечной обработки;
4. Разработка технологии выплавки новых марок стали;
5. Проведение инжиниринговых и консалтинговых работ;
6. Обучение технологического персонала заказчика;
7. Выполнение иных информационных и технологических работ , необходимых для повышения эффективности всего сталеплавильного комплекса.

Комплексный подход к автоматизации металлургического комплекса
Особенности выполнения работ

1. **Максимальный учет особенностей и специфики конкретного предприятия заказчика;**
2. **Обязательное условие – окупаемость затрат заказчика на выполнение работ;**
3. **Максимально возможная открытость – программного кода, используемых алгоритмов, методик, технологических приемов и т.п.;**
4. **Конкурентная стоимость работ;**
5. **Обязательное использование адекватных научных и инженерных расчетов;**
6. **Нацеленность на главный результат – повышение прибыли предприятия Заказчика по результатам выполнения работ.**

Комплексный подход к автоматизации металлургического комплекса
Пример комплексной АСУТП ЭСПЦ ОАО «ММЗ»



Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП
Краткое описание работы

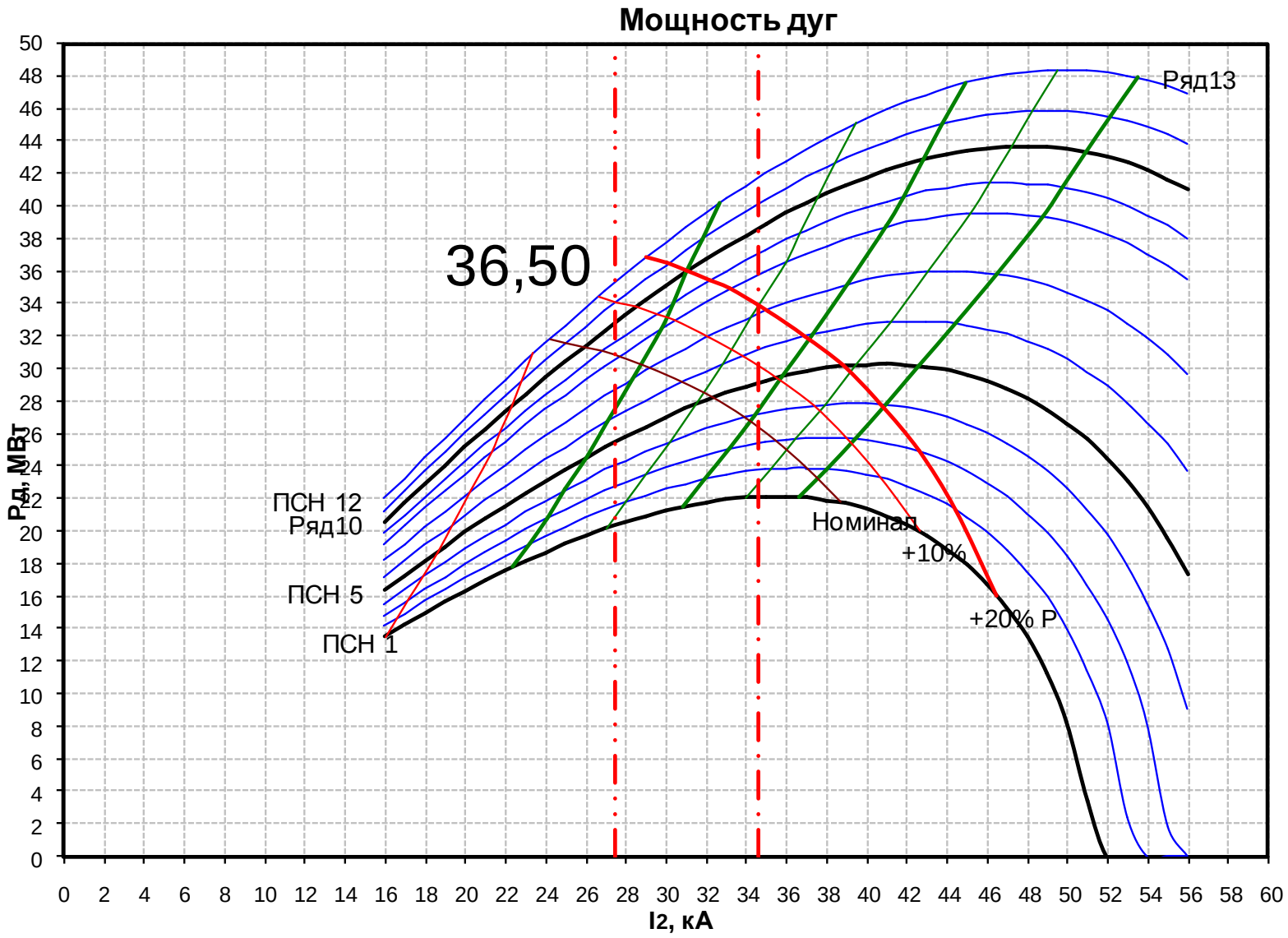
1. Анализ схемы электроснабжения ДСП и УКП;
2. Создание автоматизированной системы перерасчета круговых диаграмм;
3. Разработка автоматизированной системы оценки эффективности проекта энерготехнологического режима выплавки и внепечной обработки;
4. Корректировка таблиц доступных уставок регулятора, горелок и устройств кислородной продувки;
5. Отладка профилей рационального ввода электроэнергии и энергии альтернативных источников;
6. Расчет и внедрение рационального графика продувки инертным газом;
7. Оценка экономической эффективности разработанного режима;
8. Обучение персонала принципам корректировки режима работы регулятора и горелок.

Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП
Анализ схемы электроснабжения

1. Сбор имеющейся информации о трансформаторах, реакторах, короткой сети, фильтров, регуляторе и иных элементах схемы электроснабжения ДСП и УКП;
2. Проведение необходимых измерений и расчетов для определения активных и реактивных сопротивлений элементов схемы электроснабжения;
3. Оценка и расчет стандартных условий горения дуги;
4. Расчет параметров, определяющих степень влияния дуг на футеровку, свод и подину;
5. Оценка фактических уставок защит;
6. Статистическая обработка данных, для определения параметров вторичного токоподвода и короткой сети, не полученных при расчетах и измерениях;
7. Составление удобной для расчетов схемы замещения печного трансформатора;
8. Получение и анализ действующей таблицы уставок регулятора.

Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП

Система автоматического перерасчета круговых диаграмм



Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП

Автоматизированная форма пересчета таблицы уставок

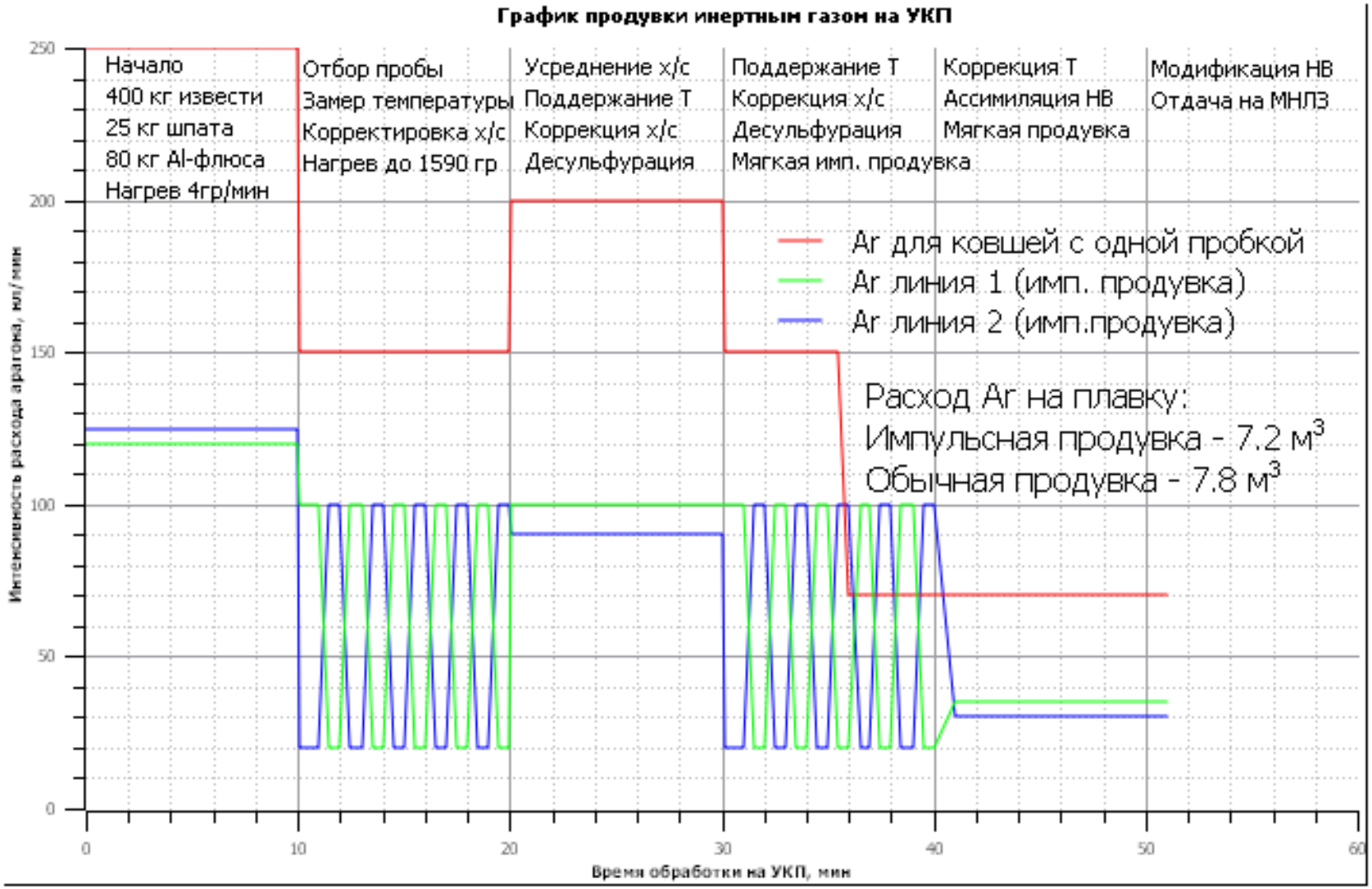
S, МВА	35															
U1,кВ	Перегруз	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
35,3	0,2	27,50	28,00	28,50	29,00	29,50	30,00	30,50	31,00	31,50	32,00	32,50	33,00	33,50	34,00	34,65
ПСН																
1	S	24,0	24,5	24,9	25,3	25,8	26,2	26,6	27,1	27,5	27,9	28,4	28,8	29,3	29,7	30,3
1	Рдуг	19,4	19,6	19,7	19,9	20,0	20,2	20,3	20,4	20,5	20,6	20,6	20,7	20,7	20,7	20,7
1	cosFi	0,83	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72
1	кпд	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
1	Lдуги	161,1	158,9	156,5	154,2	151,7	149,2	146,7	144,0	141,4	138,6	135,8	132,9	129,9	126,8	122,7
1	Re	66,8	66,5	66,2	65,7	65,3	64,7	64,1	63,4	62,6	61,8	60,9	59,9	58,8	57,7	56,1
---------	----------															
2	S	25,1	25,6	26,0	26,5	27,0	27,4	27,9	28,3	28,8	29,2	29,7	30,1	30,6	31,1	31,7
2	Рдуг	20,6	20,8	21,0	21,1	21,3	21,5	21,6	21,7	21,9	22,0	22,1	22,2	22,2	22,3	22,3
2	cosFi	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74
2	кпд	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95
2	Lдуги	176,2	174,0	171,8	169,5	167,1	164,7	162,2	159,7	157,1	154,5	151,8	149,0	146,2	143,3	139,4
2	Re	75,6	75,4	75,2	74,9	74,5	74,0	73,5	72,9	72,2	71,5	70,6	69,7	68,7	67,7	66,2
---------	----------															
3	S	26,2	26,7	27,2	27,7	28,1	28,6	29,1	29,6	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,4	33,0
3	Рдуг	21,7	22,0	22,2	22,4	22,6	22,8	23,0	23,1	23,3	23,4	23,6	23,7	23,8	23,9	24,0
3	cosFi	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,77	0,76
3	кпд	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95
3	Lдуги	191,6	189,4	187,3	185,1	182,8	180,5	178,1	175,7	173,2	170,7	168,1	165,4	162,7	159,9	156,2
3	Re	85,1	85,0	84,9	84,8	84,5	84,2	83,8	83,3	82,7	82,0	81,3	80,5	79,6	78,7	77,3
---------	----------															
4	S	27,4	27,9	28,4	28,9	29,4	29,9	30,4	30,9	31,4	31,9	32,4	32,9	33,4	33,9	34,6
4	Рдуг	23,0	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,4	24,6	24,8	25,0	25,2	25,3	25,4	25,6	25,7
4	cosFi	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78
4	кпд	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95
4	Lдуги	208,2	206,2	204,1	202,0	199,8	197,5	195,3	192,9	190,5	188,1	185,6	183,1	180,5	177,8	174,3
4	Re	96,0	96,1	96,2	96,2	96,0	95,9	95,6	95,2	94,8	94,3	93,7	93,0	92,2	91,4	90,2
---------	----------													---------	---------	---------
5	S	28,8	29,3	29,8	30,3	30,9	31,4	31,9	32,4	33,0	33,5	34,0	34,5	35,1	35,6	36,3
5	Рдуг	24,4	24,7	25,0	25,3	25,5	25,8	26,0	26,2	26,5	26,7	26,9	27,1	27,2	27,4	27,6
5	cosFi	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80
5	кпд	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
5	Lдуги	226,5	224,5	222,4	220,4	218,3	216,1	213,9	211,6	209,4	207,0	204,6	202,2	199,7	197,1	193,7
5	Re	108,7	109,0	109,3	109,4	109,5	109,4	109,3	109,1	108,9	108,5	108,0	107,5	106,9	106,2	105,1
---------	----------										---------	---------	---------			
6	S	30,2	30,8	31,3	31,9	32,4	33,0	33,5	34,1	34,6	35,2	35,7	36,3	36,8	37,4	38,1
6	Рдуг	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7	27,9	28,2	28,4	28,7	28,9	29,1	29,3	29,6

Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП
Рациональный режим горелок и устройств продувки

1. Создается рациональный график работы горелок. Расход газа оптимизируется по стоимости кВт*ч, получаемого за счет работы горелок при обеспечении технологического минимума использования газа для подрезки шихты;
2. Создается рациональный график работы устройств кислородной продувки, оптимизированный по количеству поступающего в печь несвязанного кислорода с учетом шихтовки и использования вспенивающих добавок;
3. Создается рациональный график работы устройств продувки инертным газом, оптимизированный по стоимости суммарного расхода газа с учетом выполнения режима усреднения металла по температуре и химсоставу;
4. Графики использования альтернативных источников энергии синхронизируются с графиком ввода электроэнергии и использования материалов;
5. Отрабатывается минимизация расхода энергоносителей по их суммарной себестоимости .

Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП

Пример графика продувки инертным газом на УКП



Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП

Система предварительного проектирования плавки на столе

5	67	370		0			320,43	134,6	134,58	52,7	263,67	293	292,9658	4,3726				

Этап плавления			Стеновые горелки															Печной трансф
Номер	% нач	% кон	O2, м3/час	O2, м3	Pc, МВт	Wc, МВтч	CH4, м3/ч	CH4, м3	P(CH4), МВт	W(CH4), МВтч	ПСН	ПСТ	U2, В	I2, кА	кВтч/т	t, мин	P, МВт	Wакт, МВтч
0	0	5	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	18,5	0,0	28,9	0,00
1	5	10	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	37,0	0,0	28,9	0,00
2	10	15	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	55,5	0,0	28,9	0,00
3	15	25	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	92,5	0,0	28,9	0,00
4	25	40	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	148,0	0,0	28,9	0,00
5	40	50	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	185,0	0,0	28,9	0,00
6	50	60	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	222,0	0,0	28,9	0,00
7	60	70	2700	0	4,01	0	720	0	1,0	0,000	6	7	634	30,5	259,0	0,0	28,9	0,00
8	70	80	2700	5,3519	4,01	0,008	720	1,427	1,0	0,002	6	10	634	32,0	296,0	0,1	29,8	0,06
9	80	100	2700	396,04	4,01	0,589	720	105,6	1,0	0,141	6	10	634	32,0	370,0	8,8	29,8	4,37
			2700	401,39	4,0	0,597	720	107	0,96	0,143	6,00	10,00	634	32,0		8,9	29,8	4,43
													Сред. коэф.использ. трансф.				0,851	66,10
													Макс. коэф.использ. трансф			42,5	0,851	

бестоковые периоды	O2, м3/час	O2, м3	Pc, МВт	Wc, МВтч	CH4, м3/час	CH4, м3	Pгкг, МВт	W(CH4), МВтч	ПСН	ПСТ	U2, В	I2, кА		t, мин	P, МВт	Wакт, МВтч
	720	126			360	63	0,214	0,037						10,5		

Итого:	∑			Стеновые горелки							Угар							Печной трансф
58,26087	Wstb МВтч	O2 сум, м3	CH4 сум, м3	O2, м3		Wc, МВтч		CH4, м3		W(CH4), МВтч	mFe, (кг)	O2 (Fe)	Wсум, факт МВтч		TTT, мин	t(on), мин		Wакт, МВтч
на плавку	24,79	2370	658,95	1989,3		2,769		605,7		1,06	-215,4	-43,1	23,85		61,9468	51,4	25,6819	22,021
на т лома	370	35,366	9,8351	29,692		41,33		9,041		15,79	-3,215	-0,643	355,9002		0,92458	0,77		328,67
на т НЛЗ	425,5	40,671	11,31	34,145		47,53		10,4		18,16	-3,698	-0,74	409,2853		1,06327	0,88		377,97

стоимость	∑	O2	CH4		лом	кокс	Антр				Угар				Время			Э/энерг
на плавку	118078	4397,8	883,66		87100	576,8	224				-280,1				15486,7			9689,2
на т лома	1762,4	65,639	13,189		1300	8,609	3,3433				-4,18				231,145			144,61
на т НЛЗ	2026,7	75,485	15,167		1495	9,9	3,8448				-4,807				265,816			166,31

группа	1	банда	1	корост	0											0		
	0,95777																	

Оптимизация энерготехнологического режима ДСП и УКП
Пример оценки эффективности выполненных работ

Показатель	Перед началом работ	По окончанию работ	Изменение
Производительность, т/сутки	821.69	1260.79	+439.1
Расход лома, т/т	1.15	1.12	-0.03
Э/энергия ДСП, кВт*ч/т	440.7	383.5	-57.2
Э/энергия УКП, кВт*ч/т	86.1	49.9	-36.2
O2 сумма ДСП, нм3/т	42.5	33.7	-8.8
CH4 сумма ДСП, нм3/т	15.9	4.26	-11.62
Электроды ДСП, кг/т	2.54	2.24	-0.3
Электроды УКП, кг/т	0.80	0.65	-0.15
Ar УКП, нм3/т	0.5	0.18	-0.32
FeSi 45%, кг/т	8.3	6.52	-1.78
СМн17, кг/т	9.05	8.45	-0.6
Плавиковый шпат, кг/т	3.39	0.79	-2.6
Проволока СК40У, кг/т	0.248	0.104	-0.144

Упрощенная АСУТП «Энерготехнологический режим ДСП (УКП)»

Для дисциплинированного исполнения разработанного энерготехнологического режима в АСУТП ДСП (УКП) может интегрироваться соответствующий задатчик, предназначенный для:

1. **Формализованного представления энерготехнологического режима с помощью специального редактора.**
2. **Слежения за ходом технологического процесса выплавки и внепечной обработки;**
3. **Выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам в соответствии с выбранной шкалой (время, расход электроэнергии, удельный расход электроэнергии на тонну скрапа, удельный расход полной энергии и т.д);**
4. **Формирования упрощенного отчета по плавке (внепечной обработки) по окончанию процесса.**

Наличие в составе АСУТП адекватного задатчика энерготехнологического режима позволяет на 10-15% сократить расход энергоносителей и уменьшить длительность плавки по сравнению со случаем, когда уставки энерготехнологического режима оператор выдает вручную.

При необходимости осуществляется доработка и модернизация систем базовой автоматизации печи (установки ковш-печь, вакууматора и т.д.) и разрабатывается специальный протокол обмена с нестандартными регуляторами.

На Сулинском металлургическом заводе внедрение данной системы в первый же день эксплуатации позволило увеличить производительность ДСП на две плавки в сутки.

Упрощенная АСУТП «Энерготехнологический режим ДСП (УКП)»

Редактор энерготехнологического режима

ЗАО "СМЗ (СТАКС)". ДСП–2: Текущее состояние 19.09.2009 18:47:56

18:47:21

235

Общая (J) | Настройки (Q) | Режим (H)

ФАКТ	17:44:55	7	15	1	60	121	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0

	Длительность этапа			Электрорежим			ГКГ-1		ГКГ-2		ГКГ-3		ГКГ-4		O2 продувки		Порошок		N2(Ar) продувки			
	%	сек	По сек	ПСН	ПСТ	ПСР	CH4	O2	CH4	O2	CH4	O2	CH4	O2	1	2	1	2	1	2	3	4
Завалка		25	ДА	7	15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	5	0	НЕТ	7	15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Подвалка	10	0	НЕТ	4	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	НЕТ	4	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	НЕТ	4	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Последн.	40	0	НЕТ	1	7	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	НЕТ	1	7	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	65	0	НЕТ	1	7	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Доводка	70	0	НЕТ	4	11	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	80	0	НЕТ	4	11	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	90	0	НЕТ	4	11	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	100	0	НЕТ	7	15	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Уставки дежурного режима				7	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10	10	10	10

Итого за плавку	Общая	Под током	МВт*ч	МВАР*ч	м3	м3	м3	м3	м3	м3	м3	м3	м3	м3	кг	кг	л	л	л	л
	00:00:44	00:00:44	0.0	0.0	0	1	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0

Группы тугоплавкости

#	Завалка	Подвалка	Последн.	Доводка
1	280	280	260	400
2	300	280	260	420
3	310	310	240	430
4	320	300	280	440
5	330	300	300	450
6	340	310	310	470

Время	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N	B	Al	Mo	As	Ti	Pb	Zn	V
00:00:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
														34.00	34.00	33.32	34.00

Время	T°C	C, (%)	Al, (%)	[O], (ppm)	Энерг(МВт)
00:00:00	0.0	0.000	0.0000	0.00	0.00
00:00:00	0.0	0.000	0.0000	0.0	0.00

Последний

0% 0

НАЧАЛО | ШИХТА | РЕДАКТОР | СОХРАНИТЬ | ОТКРЫТЬ

Название профиля плавки: avs1

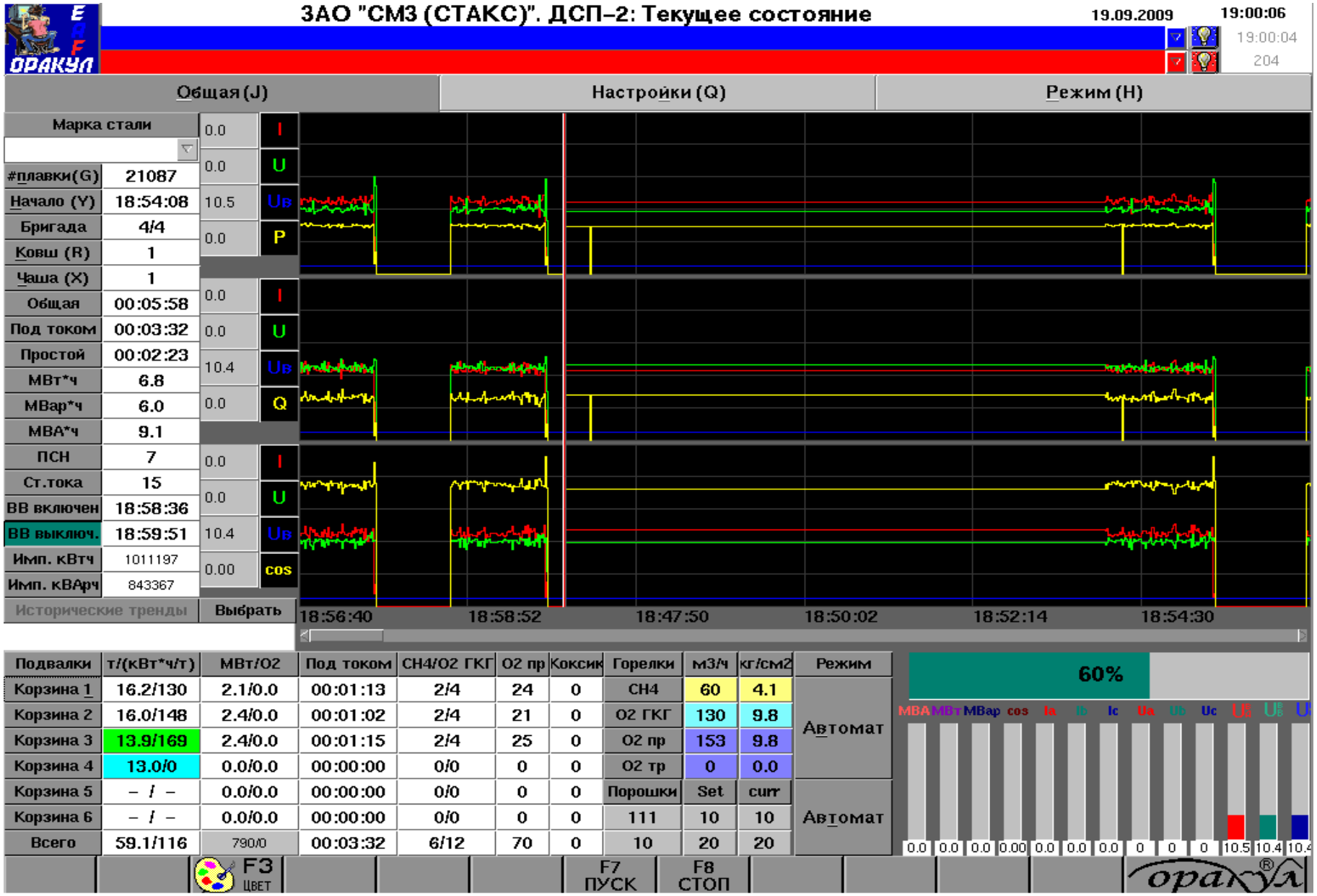
ИСПОЛНИТЬ

F7 ПУСК | F8 СТОП

ОРАКУЛ®

Упрощенная АСУТП «Энерготехнологический режим ДСП (УКП)»

Слежение и выдача уставок



Системы базовой автоматизации

Компания предлагает полный комплект услуг по разработке и внедрению систем базовой автоматизации отдельных подсистем комплекса выплавки и внепечной обработки стали:

- **Системы управления трактами сыпучих материалов;**
- **Системы управления устройствами вдувания порошкообразных и гранулированных материалов;**
- **Системы управления устройствами дозирования проволоки (трайб-аппараты);**
- **Системы управления газоочисткой;**
- **Системы управления горелками и копьями продувки;**
- **Комплексы взвешивания шихтовых материалов и передачи информации о шихтовке на ДСП.**

Для всех разрабатываемых систем обеспечивается организация обмена информацией с существующими едиными системами управления и базами данных с помощью стандартных механизмов обмена (OPC, ActiveX, OLE, SINEC-H1, PROFIBUS-DP и т.д.), а так же специальных.

Системы базовой автоматизации
Перечень внедрений только на одном предприятии

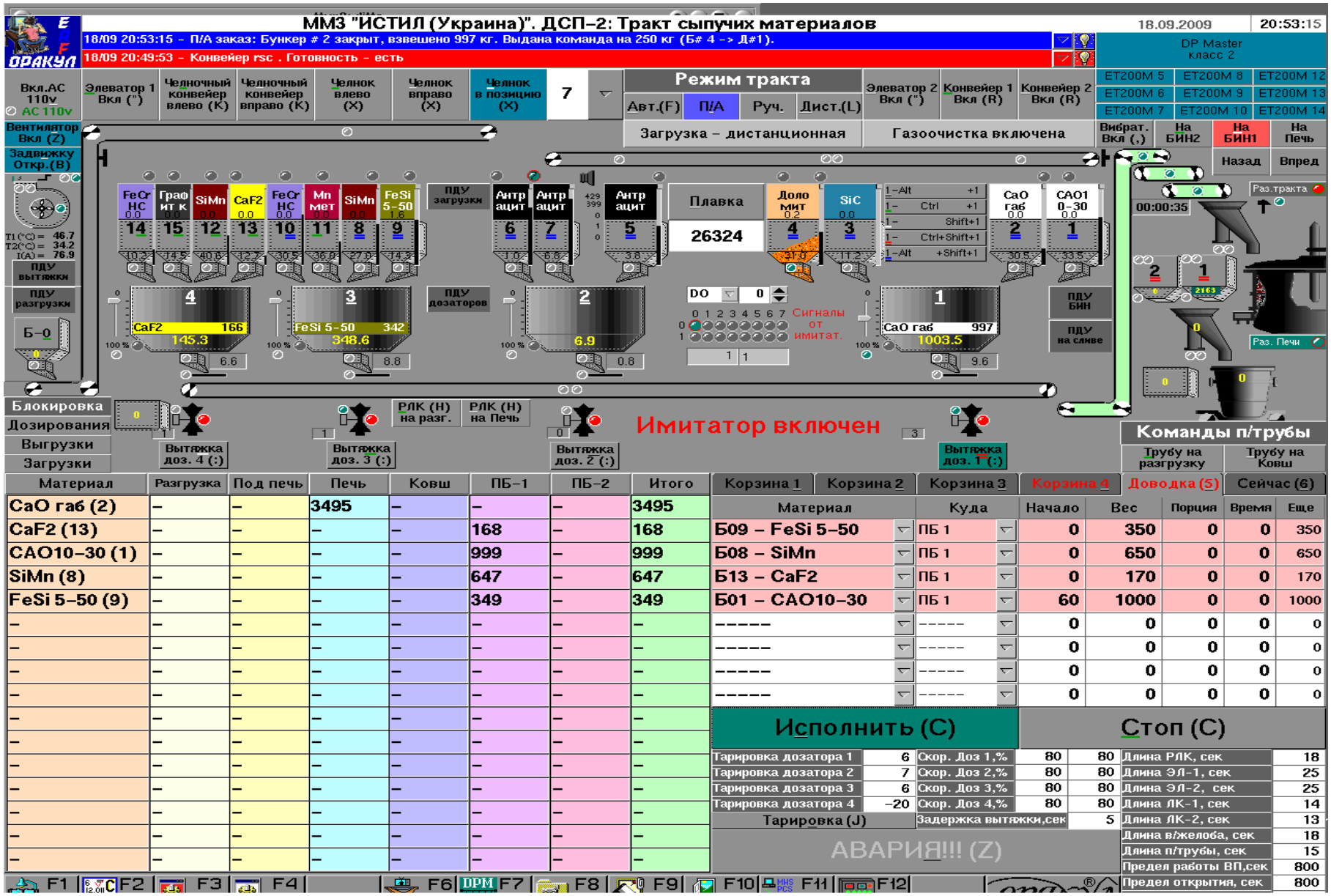
Специалистами компании создан целый ряд систем базовой автоматизации на различных сталеплавильных предприятиях СНГ.

В частности, только на ММЗ «Истил (Украина)», до смены там собственника, были выполнены следующие востребованные Заказчиком работы:

1. **Технологический аудит электросталеплавильного производства;**
2. **АСУТП «Тракт сыпучих материалов ДСП» с системой пакетного исполнения заказов дозирования и возможностью работы в полуавтоматическом и полностью автоматическом режиме;**
3. **Комплексная система управления отделением нагревательных колодцев обжимного цеха с технологической СУБД;**
4. **Интегрированный в комплексную систему управления «Советчик старшего нагревальщика»;**
5. **Комплексная система управления отделения туннельной нагревательной печи обжимного цеха с технологической СУБД;**
6. **Авторское сопровождение систем и др.**

Системы базовой автоматизации

Тракт подачи сыпучих материалов



Материал	Разгрузка	Под печь	Печь	Ковш	ПБ-1	ПБ-2	Итого
CaO газ (2)	–	–	3495	–	–	–	3495
CaF2 (13)	–	–	–	–	168	–	168
CAO10-30 (1)	–	–	–	–	999	–	999
SiMn (8)	–	–	–	–	647	–	647
FeSi 5-50 (9)	–	–	–	–	349	–	349
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–

Корзина 1 | Корзина 2 | Корзина 3 | Корзина 4 | Доводка (5) | Сейчас (6)

Материал	Куда	Начало	Вес	Порция	Время	Еще
Б09 – FeSi 5-50	ПБ 1	0	350	0	0	350
Б08 – SiMn	ПБ 1	0	650	0	0	650
Б13 – CaF2	ПБ 1	0	170	0	0	170
Б01 – CAO10-30	ПБ 1	60	1000	0	0	1000
-----	-----	0	0	0	0	0
-----	-----	0	0	0	0	0
-----	-----	0	0	0	0	0
-----	-----	0	0	0	0	0

Тарировка дозатора 1	6	Скор. Доз 1,%	80	80	Длина РЛК, сек	18
Тарировка дозатора 2	7	Скор. Доз 2,%	80	80	Длина ЭЛ-1, сек	25
Тарировка дозатора 3	6	Скор. Доз 3,%	80	80	Длина ЭЛ-2, сек	25
Тарировка дозатора 4	-20	Скор. Доз 4,%	80	80	Длина ЛК-1, сек	14
Тарировка (J)		Задержка вытяжки,сек	5		Длина ЛК-2, сек	13
					Длина в/желоба, сек	18
					Длина п/трубы, сек	15
					Предел работы ВП,сек	800
					Предел открытия, сек	800

Системы базовой автоматизации
Особенности АСУТП «Тракт сыпучих материалов»

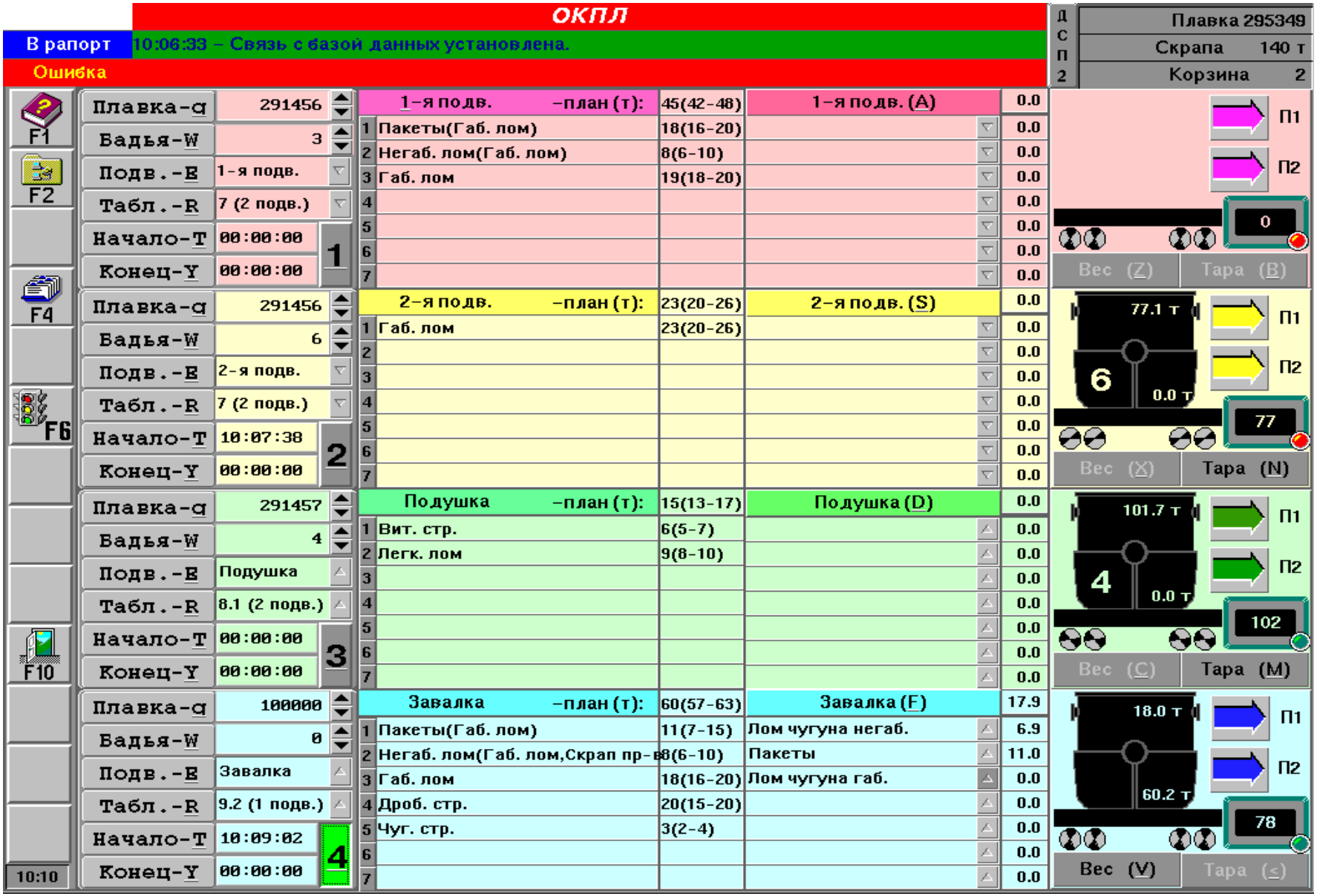
1. Интегрированный модуль пакетного исполнения заказов дозирования. Пакет дозирования может задаваться однажды на всю плавку;
2. Взаимосвязь с СУБД для обмена информацией о ходе процесса дозирования и получения информации о рекомендуемых техническим отделом для каждой марки стали пакетов дозирования шлакообразующих материалов, вспенивающих добавок , раскислителей и легирующих материалов;
3. Возможность выдачи в ручном режиме раздельных команд управления для каждого механизма и устройства;
4. Возможность исполнения команд дозирования от систем автоматического ведения плавки типа ОРАКУЛ.

Внедрение системы позволило:

- Увеличить степень и скорость дефосфорации;
- Снизить расход шлакообразующих материалов и более дорогих вдуваемых вспенивающих добавок;
- Уменьшить расход электроэнергии и сократить длительность плавки.

Системы базовой автоматизации

Система управления шихтовкой плавки



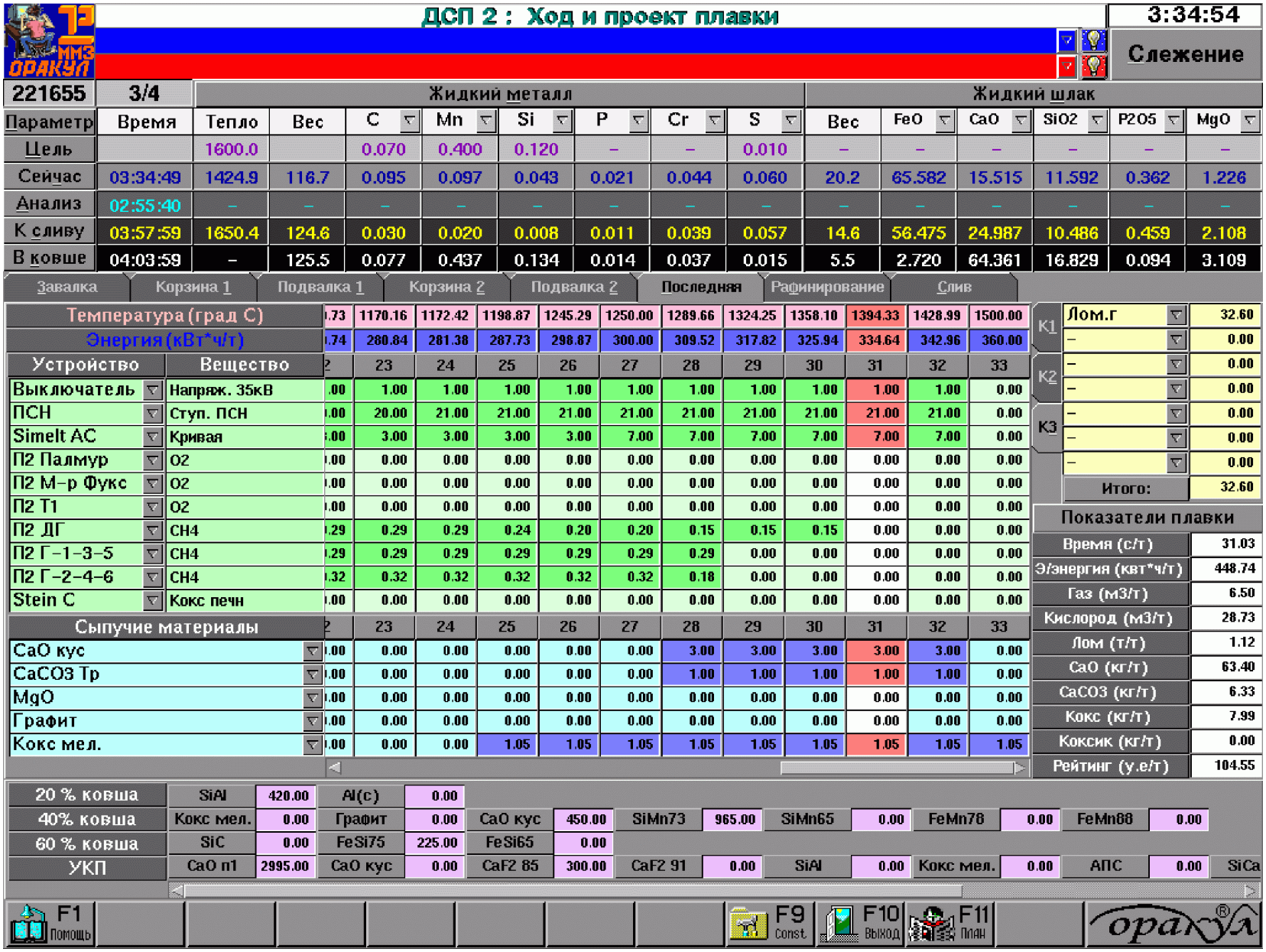
Системы автоматического ведения плавки

Система автоматического ведения плавки позволяет:

- Принимать задание на плавку;
- Формировать субоптимальный график ведения плавки (ввода электроэнергии, использования горелок и устройств кислородной продувки, дозирования материалов и т.д.);
- Рассчитывать текущий химический состав и температуру металла и шлака;
- Выполнять упрощенный расчет состава и вида неметаллических включений;
- Определять долю расплавленного лома и освободившийся объем печи, а так же оптимальный момент подвалки очередной корзины;
- Проводить расчет оптимального набора раскислителей и легирующих материалов для достижения заданного химсостава;
- Выдавать управляющие воздействия механизмам и устройствам, принимающим участие в выплавке и внепечной обработке стали;
- Осуществлять информационное сопровождение технологических процессов и информационную поддержку лиц, принимающих решение;
- Оперативно рассчитывать текущую себестоимость металла;
- Обмениваться информацией с технологической базой данных.

Система автоматического ведения плавки

Задатчик энерготехнологического режима ДСП



ДСП 2 : Ход и проект плавки

3:34:54

Слежение

221655 | 3/4

Параметр	Время	Жидкий металл: Тепло	Вес	C	Mn	Si	P	Cr	S	Жидкий шлак: Вес	FeO	CaO	SiO2	P2O5	MgO
Цель		1600.0		0.070	0.400	0.120	–	–	0.010	–	–	–	–	–	–
Сейчас	03:34:49	1424.9	116.7	0.095	0.097	0.043	0.021	0.044	0.060	20.2	65.582	15.515	11.592	0.362	1.226
Анализ	02:55:40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
К сливу	03:57:59	1650.4	124.6	0.030	0.020	0.008	0.011	0.039	0.057	14.6	56.475	24.987	10.486	0.459	2.108
В ковше	04:03:59	–	125.5	0.077	0.437	0.134	0.014	0.037	0.015	5.5	2.720	64.361	16.829	0.094	3.109

Завалка | Корзина 1 | Подвалка 1 | Корзина 2 | Подвалка 2 | Последняя | Рафинирование | Слив

Температура (град С)	.73	1170.16	1172.42	1198.87	1245.29	1250.00	1289.66	1324.25	1358.10	1394.33	1428.99	1500.00
Энергия (кВт*ч/т)	.74	280.84	281.38	287.73	298.87	300.00	309.52	317.82	325.94	334.64	342.96	360.00

Устройство	Вещество	2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Выключатель	Напряж. 35кВ	.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
ПСН	Ступ. ПСН	.00	20.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	0.00
Simelt AC	Кривая	.00	3.00	3.00	3.00	3.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.00
П2 Палмур	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 М-р Фукс	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 Т1	O2	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 ДГ	CH4	.29	0.29	0.29	0.24	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00
П2 Г-1-3-5	CH4	.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
П2 Г-2-4-6	CH4	.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stein C	Кокс печн	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Сыпучие материалы	2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
CaO кус	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00
CaCO3 Тр	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
MgO	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Графит	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Кокс мел.	.00	0.00	0.00	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05

K1	Лом.г	32.60
	–	0.00
K2	–	0.00
	–	0.00
K3	–	0.00
	–	0.00
	–	0.00
	Итого:	32.60

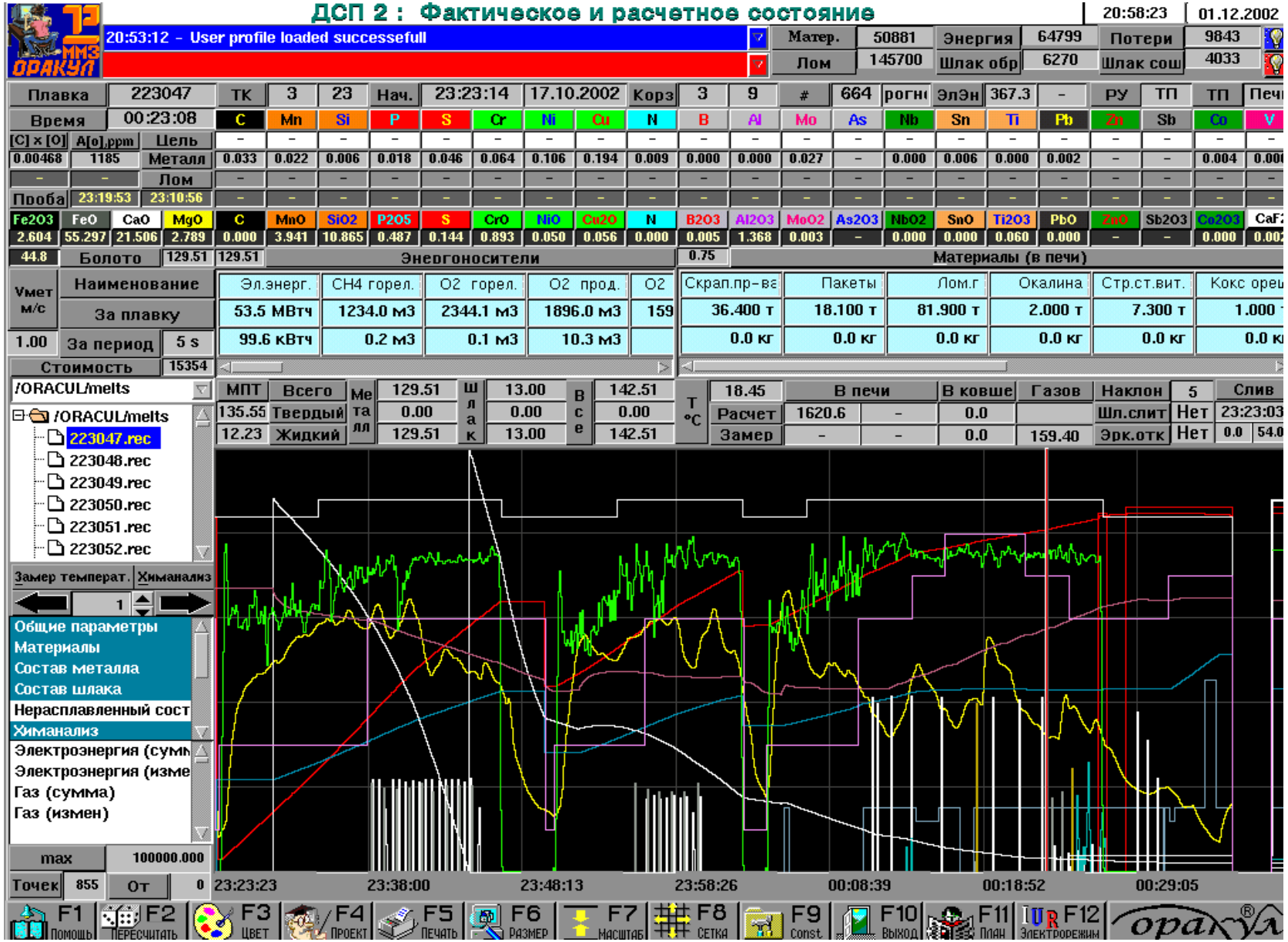
Показатели плавки	
Время (с/т)	31.03
Э/энергия (квт*ч/т)	448.74
Газ (м3/т)	6.50
Кислород (м3/т)	28.73
Лом (т/т)	1.12
CaO (кг/т)	63.40
CaCO3 (кг/т)	6.33
Кокс (кг/т)	7.99
Коксик (кг/т)	0.00
Рейтинг (у.е/т)	104.55

20 % ковша	SiAl	420.00	Al(c)	0.00											
40% ковша	Кокс мел.	0.00	Графит	0.00	CaO кус	450.00	SiMn73	965.00	SiMn65	0.00	FeMn78	0.00	FeMn88	0.00	
60 % ковша	SiC	0.00	FeSi75	225.00	FeSi65	0.00									
УКП	CaO п1	2995.00	CaO кус	0.00	CaF2 85	300.00	CaF2 91	0.00	SiAl	0.00	Кокс мел.	0.00	АПС	0.00	SiCa

F1 Помощь | F9 Const | F10 Выход | F11 ПЛАН | оракул

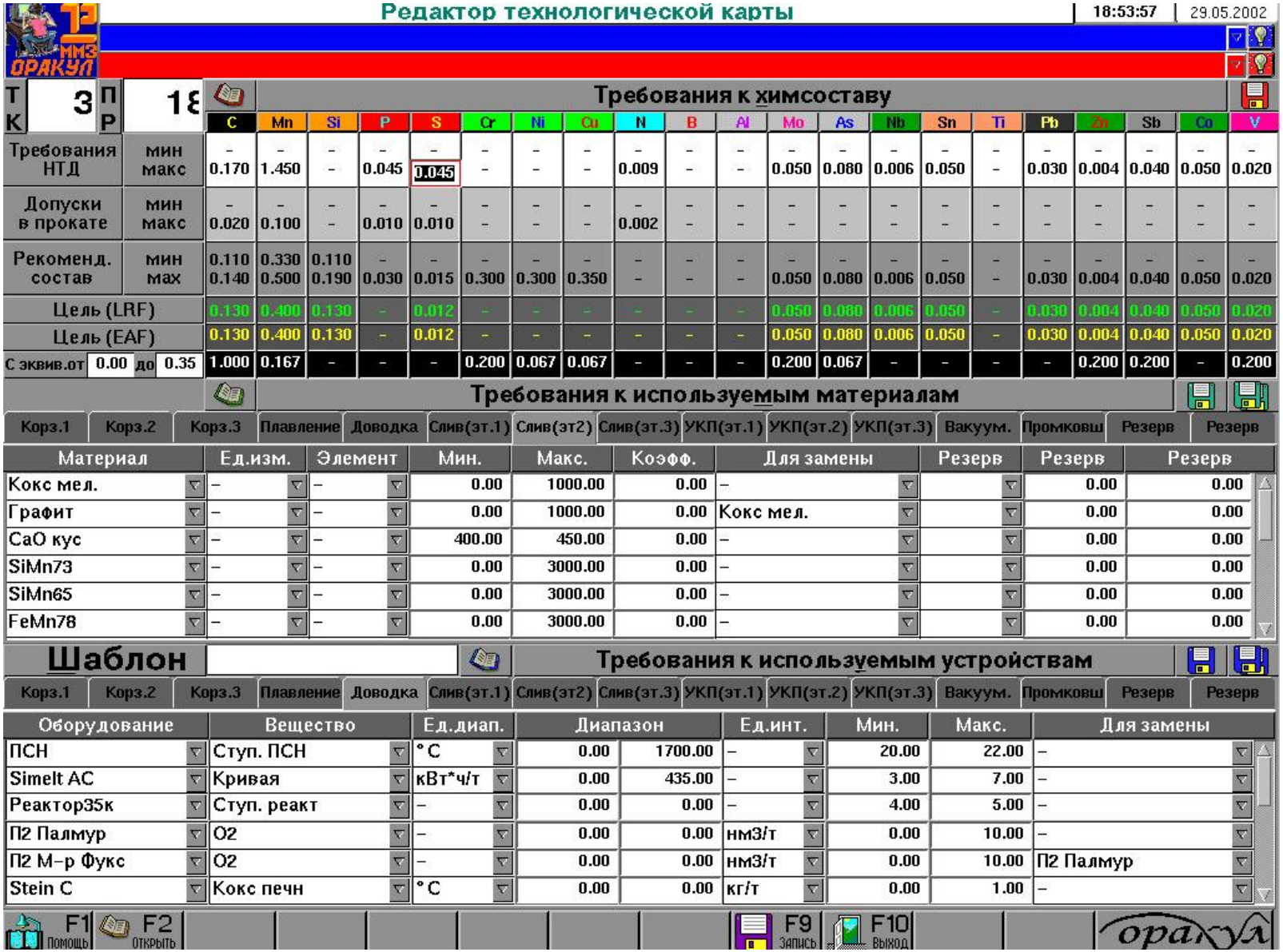
Система автоматического ведения плавки

Информационное сопровождение процесса выплавки



Система автоматического ведения плавки

Формирование задания на выплавку определенной марки стали



Редактор технологической карты | 18:53:57 | 29.05.2002

ММЗ ОРАКУЛ

ТК 3 ПР 18

Требования к химсоставу

		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N	B	Al	Mo	As	Nb	Sn	Ti	Pb	Zn	Sb	Co	V
Требования НТД	мин	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	макс	0.170	1.450	-	0.045	0.045	-	-	-	0.009	-	-	0.050	0.080	0.006	0.050	-	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Допуски в прокате	мин	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	макс	0.020	0.100	-	0.010	0.010	-	-	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рекоменд. состав	мин	0.110	0.330	0.110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	max	0.140	0.500	0.190	0.030	0.015	0.300	0.300	0.350	-	-	-	0.050	0.080	0.006	0.050	-	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Цель (LRF)		0.130	0.400	0.130	-	0.012	-	-	-	-	-	-	0.050	0.080	0.006	0.050	-	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
Цель (EAF)		0.130	0.400	0.130	-	0.012	-	-	-	-	-	-	0.050	0.080	0.006	0.050	-	0.030	0.004	0.040	0.050	0.020
С эквив.от 0.00 до 0.35		1.000	0.167	-	-	-	0.200	0.067	0.067	-	-	-	0.200	0.067	-	-	-	-	0.200	0.200	-	0.200

Требования к используемым материалам

Корз.1 | Корз.2 | Корз.3 | Плавление | Доводка | Слив(эт.1) | Слив(эт2) | Слив(эт.3) | УКП(эт.1) | УКП(эт.2) | УКП(эт.3) | Вакуум. | Промковш | Резерв | Резерв

Материал	Ед.изм.	Элемент	Мин.	Макс.	Коэфф.	Для замены	Резерв	Резерв	Резерв
Кокс мел.	–	–	0.00	1000.00	0.00	–		0.00	0.00
Графит	–	–	0.00	1000.00	0.00	Кокс мел.		0.00	0.00
CaO кус	–	–	400.00	450.00	0.00	–		0.00	0.00
SiMn73	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00
SiMn65	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00
FeMn78	–	–	0.00	3000.00	0.00	–		0.00	0.00

Шаблон

Требования к используемым устройствам

Корз.1 | Корз.2 | Корз.3 | Плавление | Доводка | Слив(эт.1) | Слив(эт2) | Слив(эт.3) | УКП(эт.1) | УКП(эт.2) | УКП(эт.3) | Вакуум. | Промковш | Резерв | Резерв

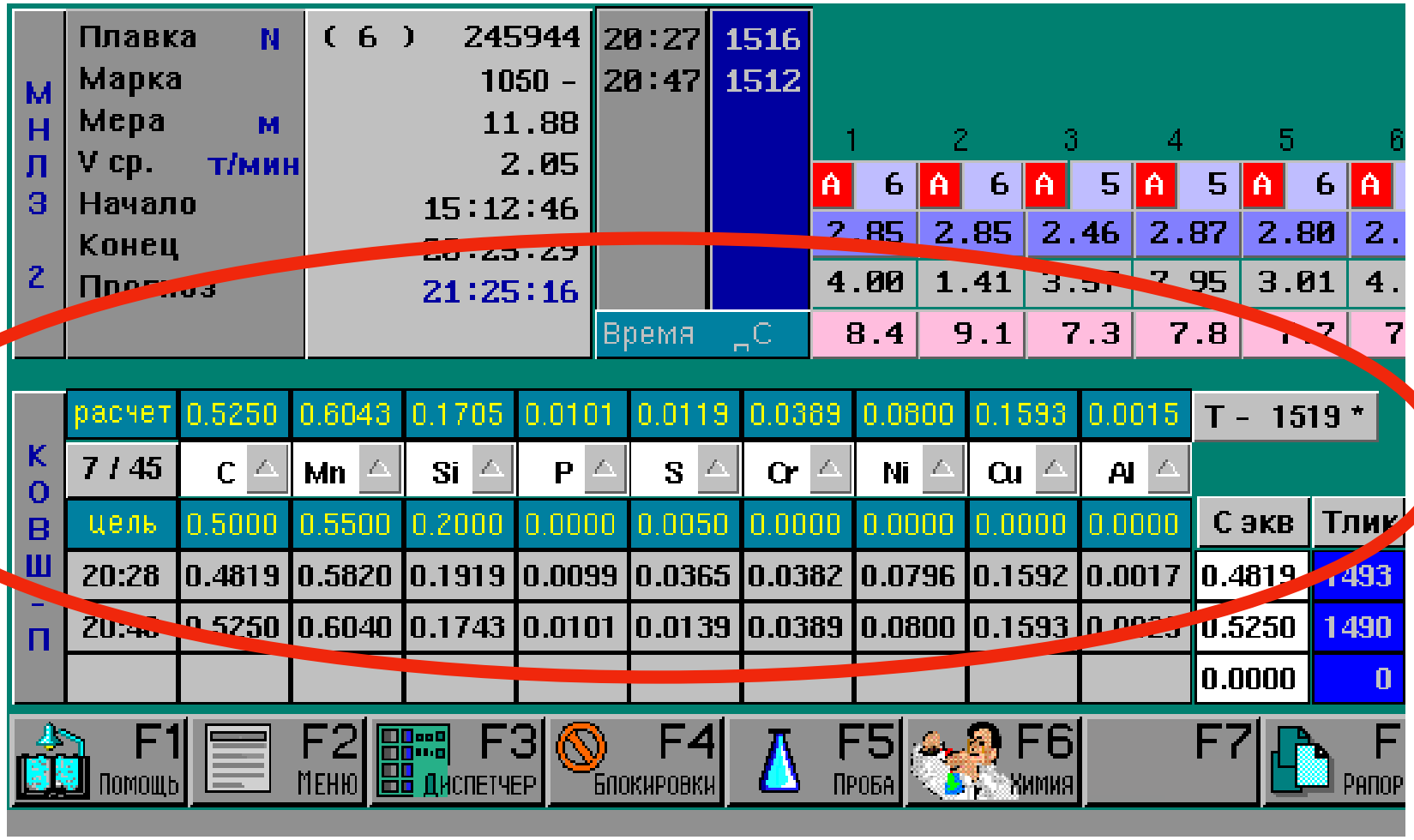
Оборудование	Вещество	Ед.диап.	Диапазон		Ед.инт.	Мин.	Макс.	Для замены
ПСН	Ступ. ПСН	°C	0.00	1700.00	–	20.00	22.00	–
Simelt AC	Кривая	кВт*ч/т	0.00	435.00	–	3.00	7.00	–
Реактор35к	Ступ. реакт	–	0.00	0.00	–	4.00	5.00	–
П2 Палмур	O2	–	0.00	0.00	нм3/т	0.00	10.00	–
П2 М-р Фукс	O2	–	0.00	0.00	нм3/т	0.00	10.00	П2 Палмур
Stein C	Кокс печн	°C	0.00	0.00	кг/т	0.00	1.00	–

F1 Помощь | F2 Открыть | F9 Запись | F10 Выход | ОРАКУЛ

Система автоматического ведения плавки
Информационное сопровождение внепечной обработки

Система автоматического ведения плавки

Прогноз состава и температуры металла

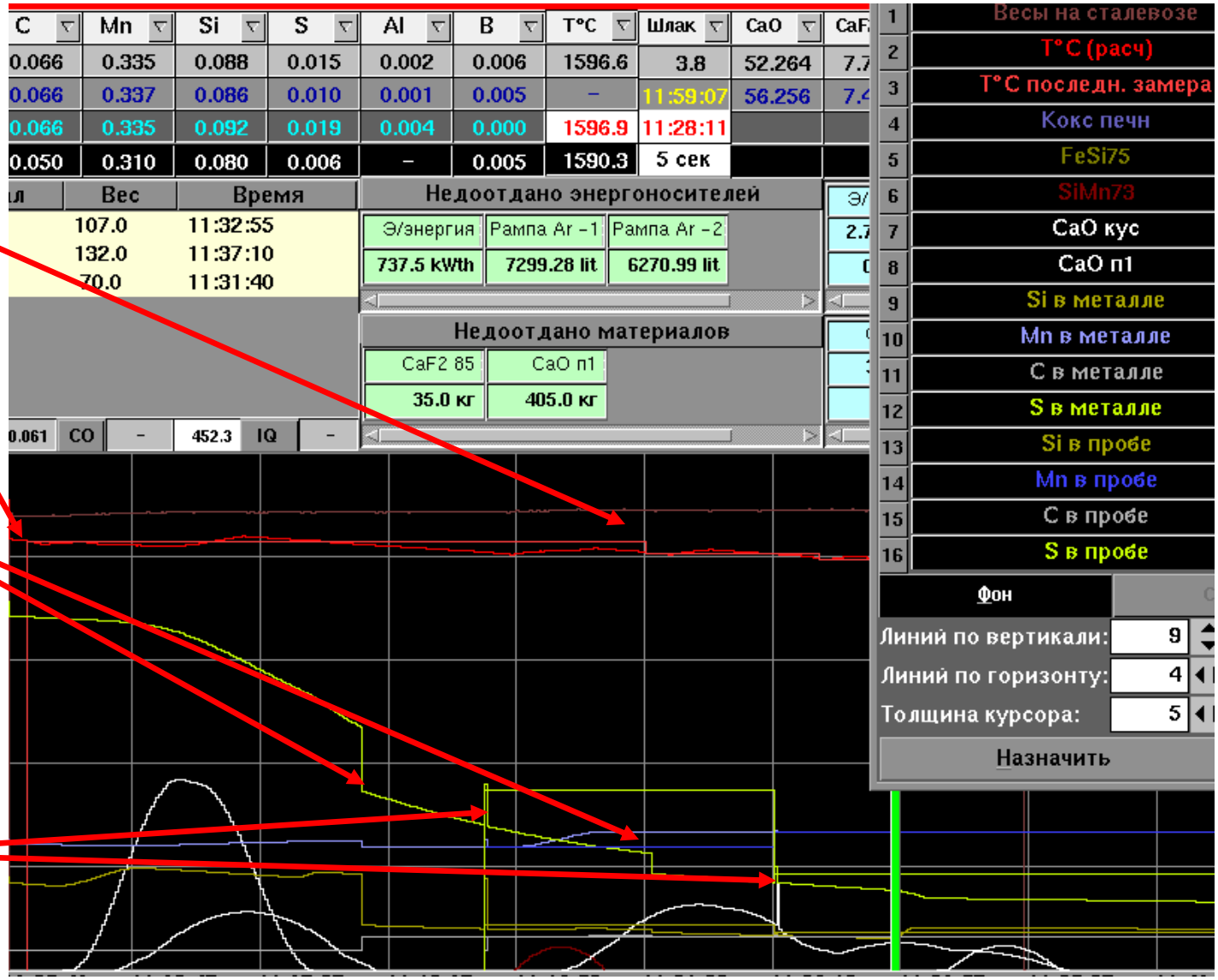


Система автоматического ведения плавки
Адаптация и самообучение модели

Замеры температуры

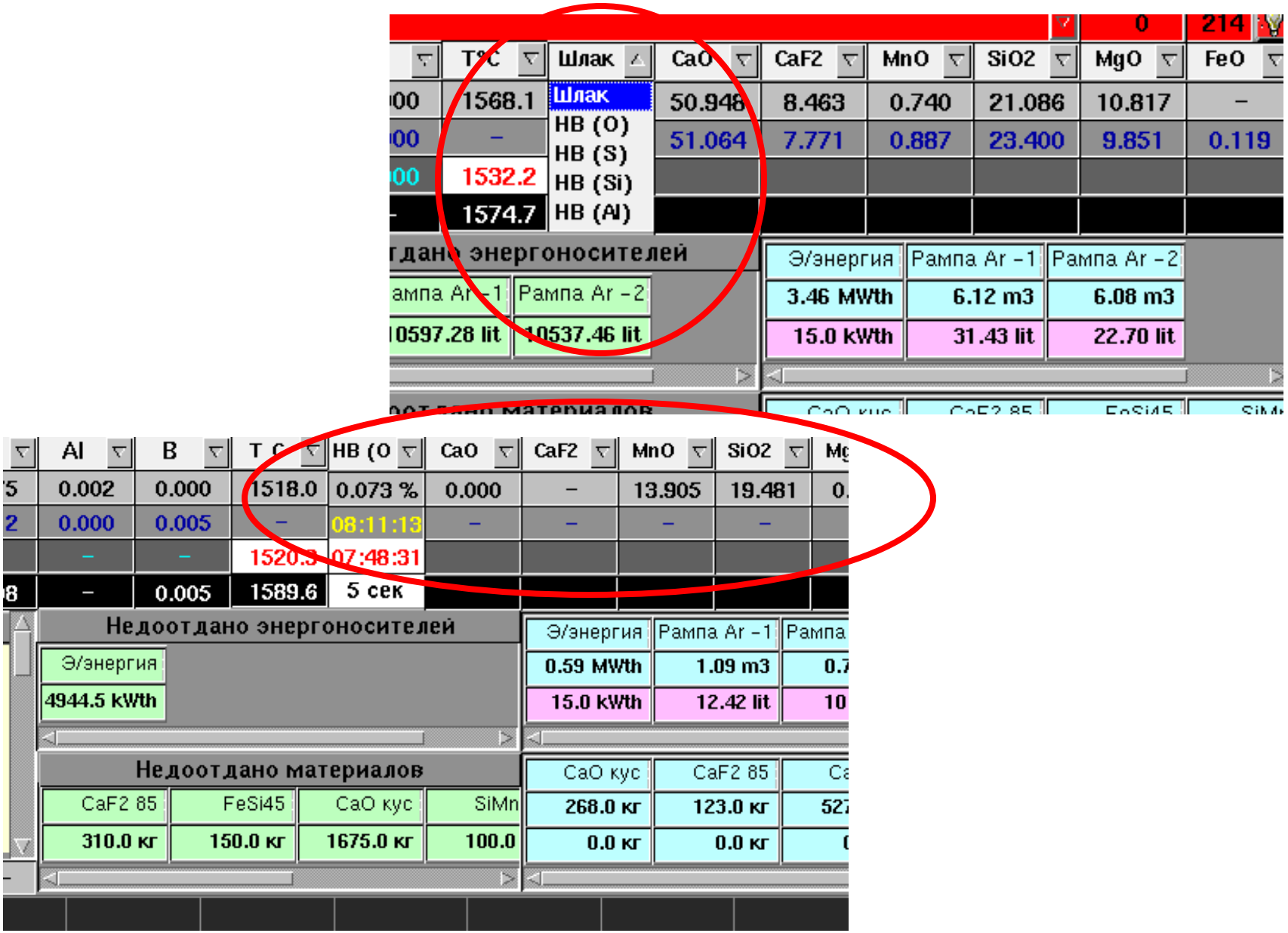
Отбор пробы

Обработка пробы



Система автоматического ведения плавки

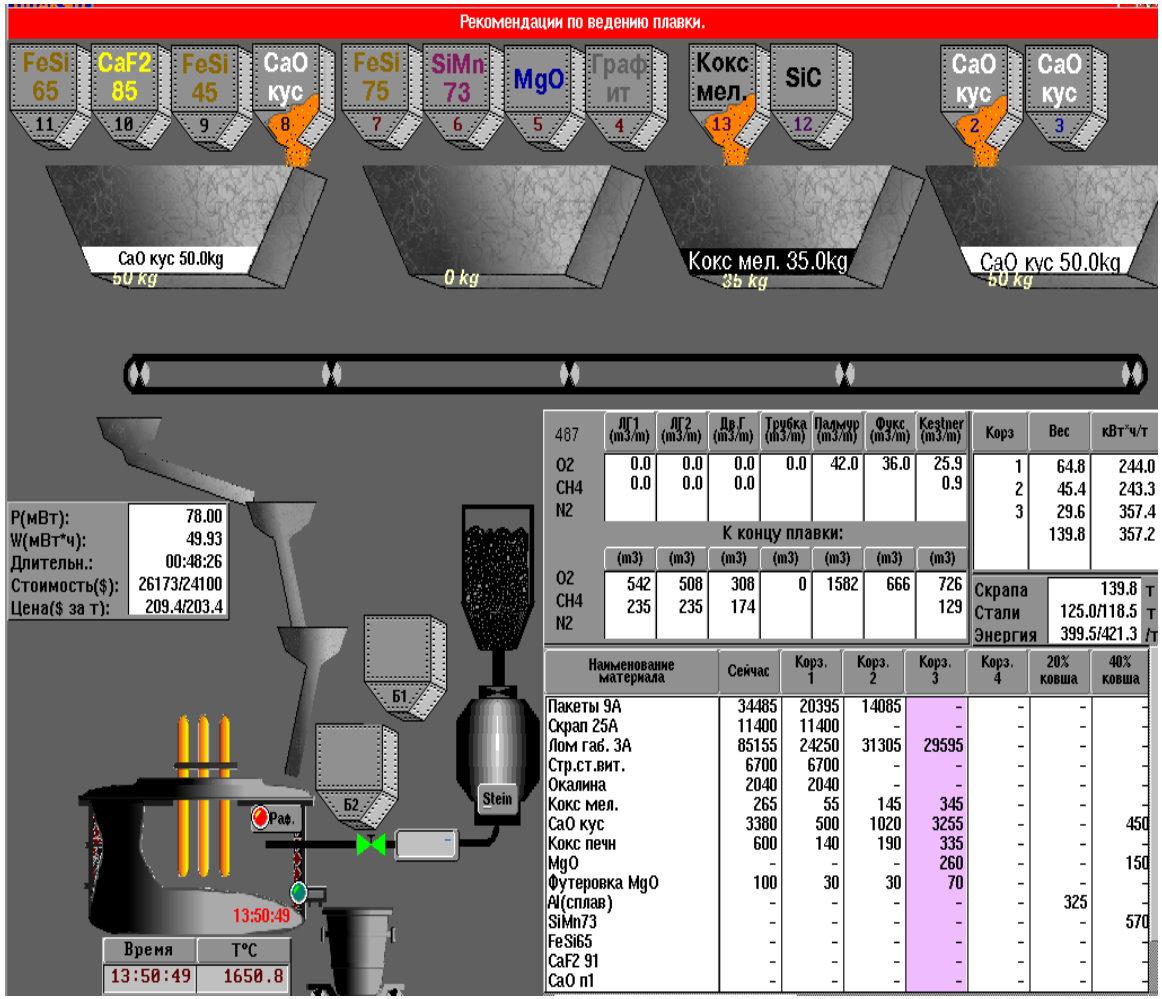
Упрощенный расчет состава и вида неметаллических включений



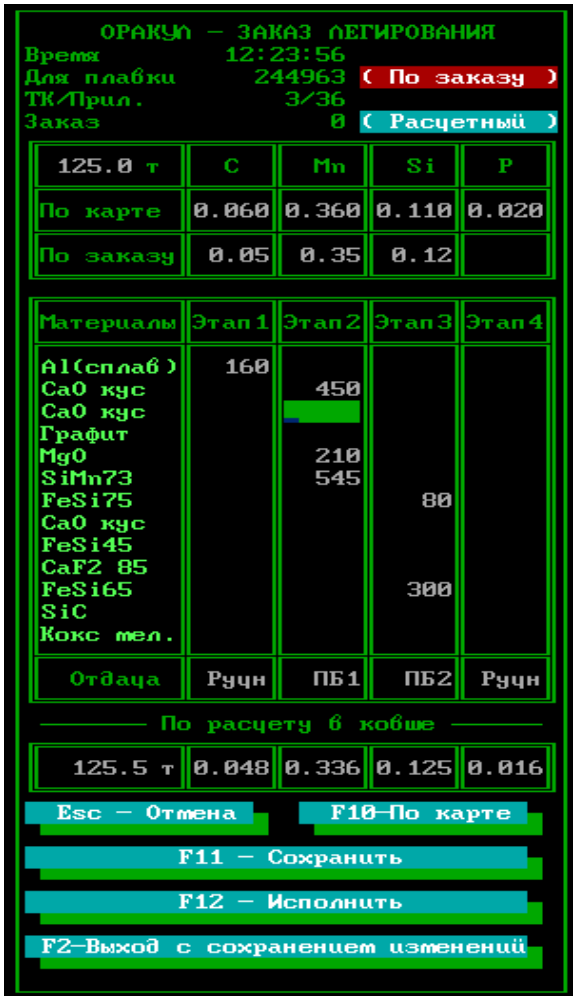
Система автоматического ведения плавки

Проект выплавки. Оптимальный расчет легирования на сливе.

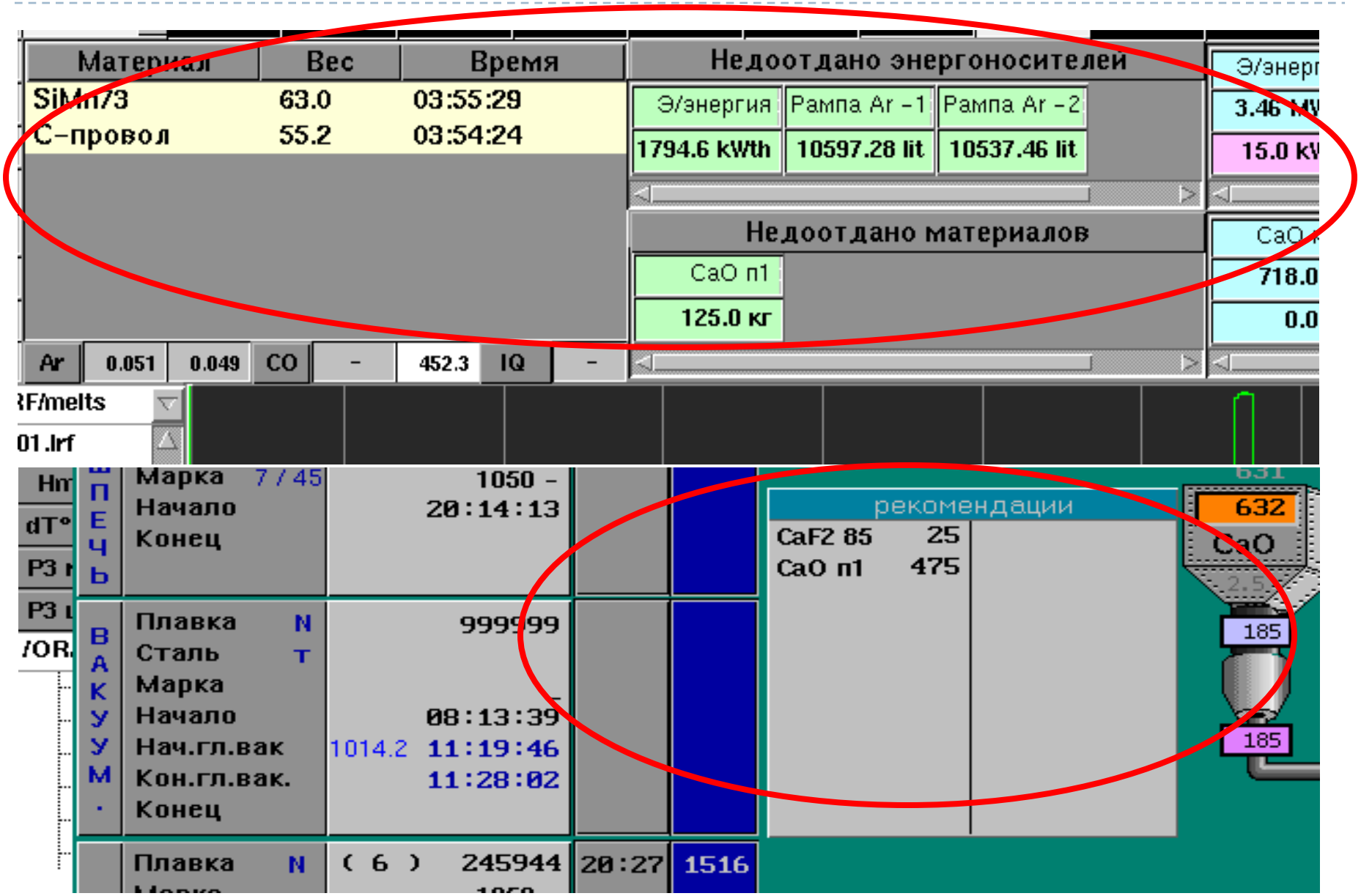
Проект выплавки



Проект слива в ковш



Система автоматического ведения плавки
Управление и рекомендации



Система автоматического ведения плавки

К конечному результату

ММЗ ОРАКУЛ		245911										
		3	6									
Ковш	53.8	16.09.2004	C	Mn	Si	S	Al	B	T°C	Шлак	CaO
8/31	177.7	11:31:12	0.066	0.335	0.088	0.015	0.002	0.006	1596.6	3.8	52.264
112.4	123.9	11:49:07	0.066	0.337	0.086	0.010	0.001	0.005	–	11:59:07	56.256
Vм	0.397	11:26:22	0.066	0.335	0.092	0.019	0.004	0.000	1596.9	11:28:11	
dVO2	–	Цель	0.050	0.310	0.080	0.006	–	0.005	1590.3	5 сек	

Сейчас

Прогноз конца разливки предыдущей плавки в серии

Расчет к моменту отдачи на МНЛЗ

Последняя проба

Цель по ТК

Контроль по ходу плавки

Марка плановая: BST500S - (5/1) | С экв.: 0.000÷ 0.500

Заданный химсостав, (%)		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
Требования НТД	min							
	max	0.220			0.050	0.050		
Рекомендуемый состав	min	0.170	0.58	0.18				
	max	0.210	0.68	0.24	0.040	0.020	0.30	0.30
Цель		0.200	0.62	0.20		0.015		

Фактический химсостав, (%)

Агрег.	N ан.	Прибор	Дата	Время	С экв.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
Печь	1	LAB	17.09.04	11:34	0.095	0.052	0.04	0.01	0.016	0.085	0.04	0.13
КП	1	LAB	17.09.04	12:00	0.286	0.154	0.56	0.16	0.018	0.064	0.06	0.12
КП	2	LAB	17.09.04	12:15	0.324	0.192	0.57	0.19	0.017	0.032	0.06	0.12
МНЛЗ	1	ARL	17.09.04	14:02	0.326	0.188	0.62	0.23	0.016	0.020	0.06	0.11
МНЛЗ	2*	ARL	17.09.04	14:04	0.325	0.188	0.61	0.23	0.016	0.021	0.06	0.11

Система автоматического ведения плавки
Технико-экономический эффект

Технико-экономический эффект:

1. Снижение себестоимости используемых энергоносителей на 1-7$/т;
2. Стандартизация технологии выплавки;
3. Снижение продолжительности плавки;
4. Снижения стоимости используемых легирующих материалов на 5-10$/т;
5. Уменьшение расхода пробоотборников и блоков замера температуры;
6. Повышение качества и ускорение подготовки технологического персонала.

Проектные работы:

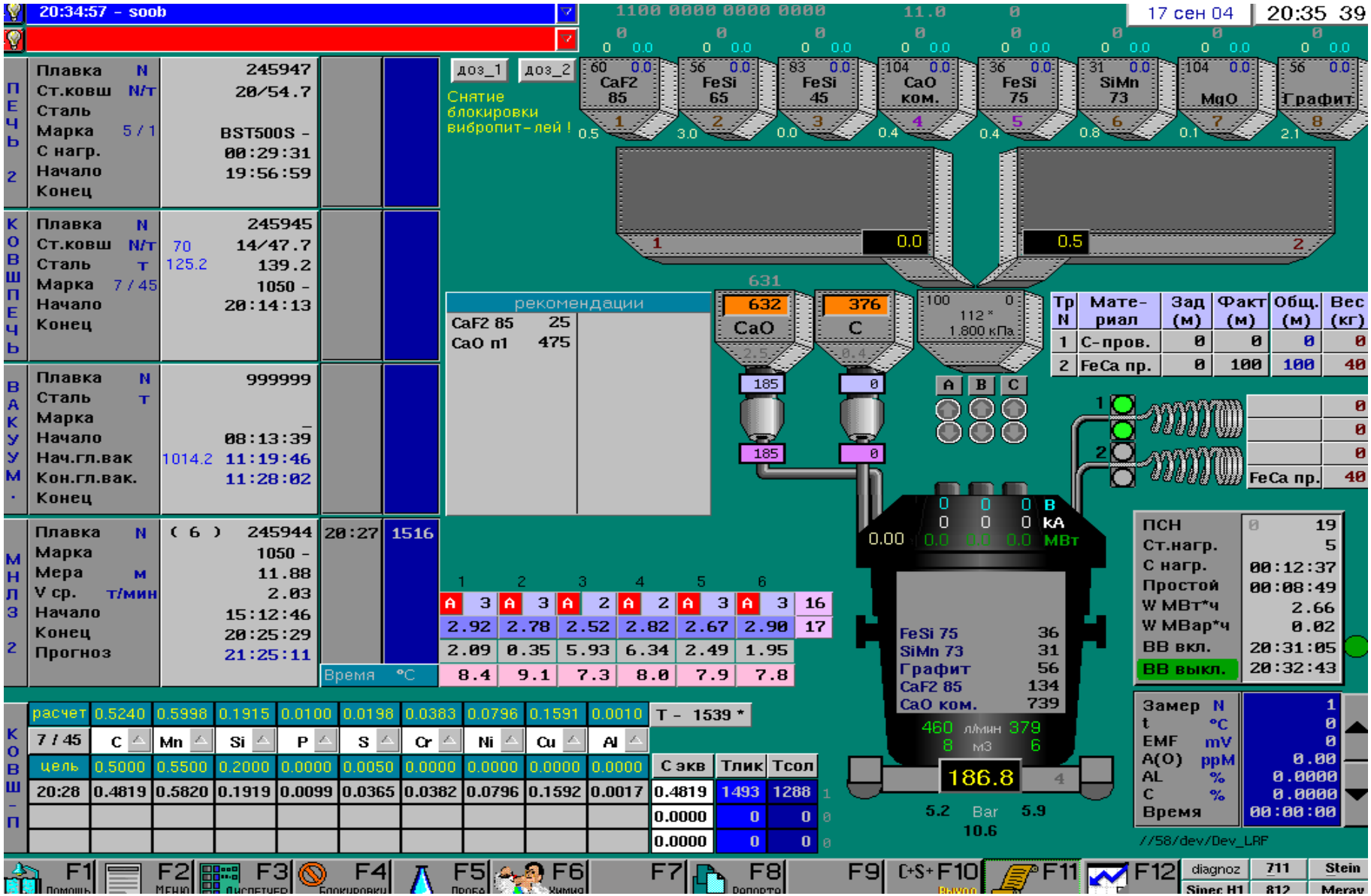
1. Интеграция системы ОРАКУЛ в состав АСУТП ДСП-1 Белорусского металлургического завода.
2. Интеграция системы ОРАКУЛ в состав АСУТП ДСП-2 и УКП ОАО «Молдавский Металлургический Завод».

Комплексная АСУТП сталеплавильного агрегата
Особенности комплексной АСУТП «УКП»

- адаптация интерфейса к потребностям технолога;
- интегрированная металлургическая модель, обеспечивающая прогноз химического состава и температуры, расчет неметаллических включений и оптимизацию многоэтапного раскисления и легирования;
- взаимодействие с АСУТП смежных агрегатов (ДСП, вакууматор, МНЛЗ) и учет их состояния;
- формирование управляющих воздействий всем устройствам и рекомендаций технологическому персоналу;
- алгоритмы адаптации и самообучения;
- взаимодействие с технологической базой данных;
- участие в автоматическом формирования паспорта;
- формализация и учет свойств механизмов, устройств, материалов, энергоресурсов, задания и состояния;
- Мощная система информационного сопровождения (диспетчер, рапорта, диаграммы, паспорт обработки, сквозной паспорт плавки и т.п.).

Комплексная АСУТП сталеплавильного агрегата

Установка «Ковш-Печь»



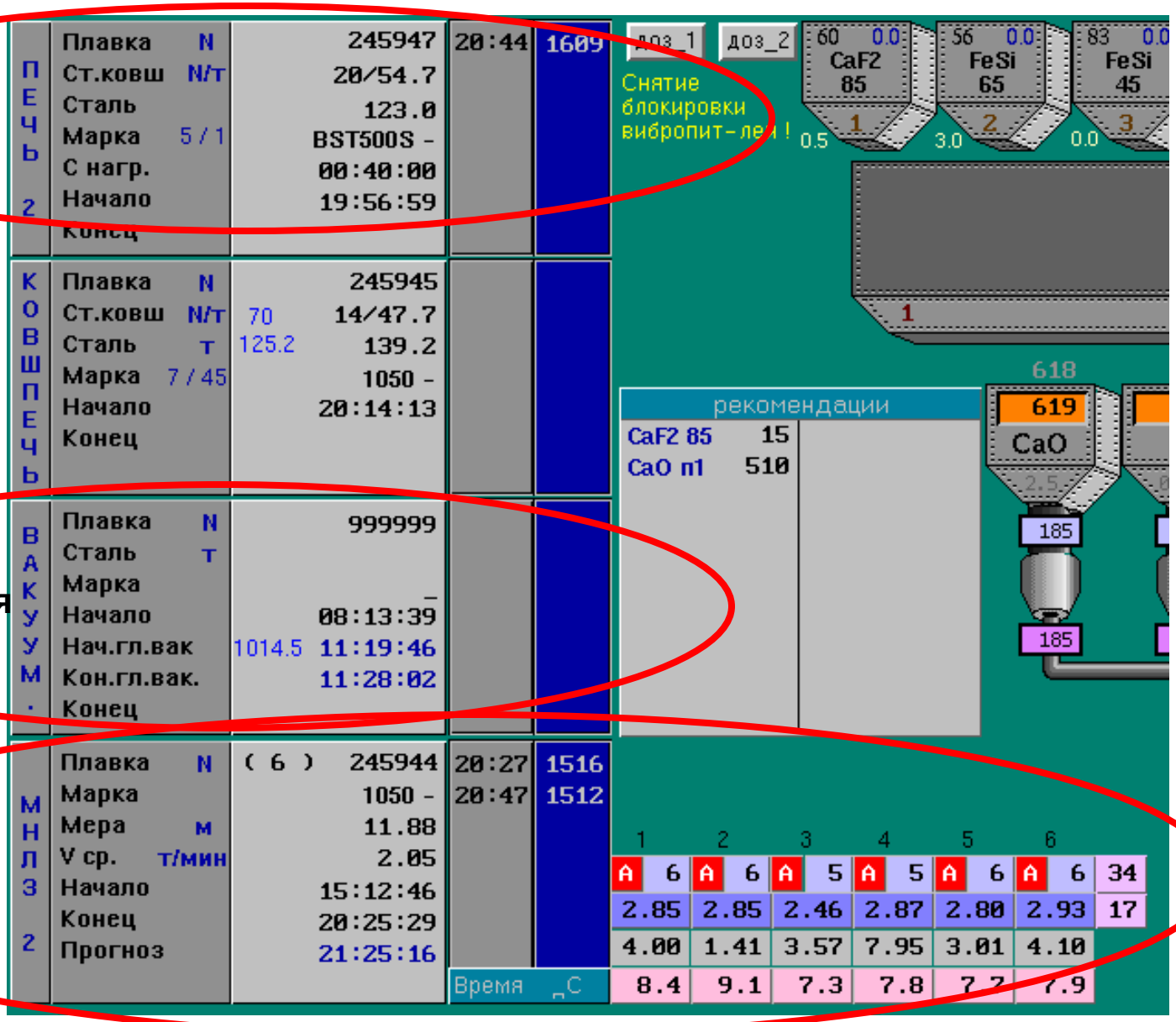
Комплексная АСУТП сталеплавильного агрегата

Контроль состояния смежных агрегатов

Выплавка

Без вакуумирования

Разливка



Автоматический паспорт и рапорт плавки

Паспорт плавки 295292

Файл Справка

Марка стали (план): GR-60 Вар-2 (4/13)

Назначение: Z ОТГРУЗКА| 60 x /СОСТАВ КОНТРАКТНЫЙ Т К4 /13 (01) Сэ=0.546

295292

295282 06.11.99 14:19
295281 06.11.99 13:23
295280 06.11.99 12:27
295279 06.11.99 11:28
295278 06.11.99 10:35
295277 06.11.99 09:38
295276 06.11.99 08:38
295275 06.11.99 06:48
295274 06.11.99 05:53
295273 06.11.99 04:57
295272 06.11.99 03:57
295271 06.11.99 02:56
295270 06.11.99 01:53
295269 06.11.99 00:54
295268 05.11.99 23:54
295267 05.11.99 22:57
295266 05.11.99 21:56
295265 05.11.99 20:45
295264 05.11.99 19:48
295263 05.11.99 18:49
295262 05.11.99 17:56
295261 05.11.99 17:01
295260 05.11.99 15:59

Техн. процесс		Агрегат	№	Начало	Бриг.	Конец	Бриг.	Длит-ть	Под током
1.Выплавка стали		Печь	2	06.11.1999 23:37	3	07.11.1999 00:31	1	00:55	00:43
		Шл/чаша	11						
2.Длит-ть отстоя	1			07.11.1999 00:31		07.11.1999 01:37		01:08	
Вн. обр-ка	1	ПК	1	07.11.1999 01:37	1	07.11.1999 02:30	1	00:54	00:27
Вн. обр-ка по Ar	1	ПК	1	07.11.1999 01:42		07.11.1999 02:30		00:49	
Продувка Ar	1	ПК	1	07.11.1999 01:44		07.11.1999 02:29		00:46	
3.Выдержка		СК	18	07.11.1999 00:31		07.11.1999 03:07		02:38	
4.Разливка стали	1	МНЛЗ	2	07.11.1999 03:07	1	07.11.1999 03:59	1	00:53	

Производство | Себест-ть | Химия | t ° | Материалы

№ МНЛЗ	Промковш		№ в серии		Время сери	
2	10	A	6		05:12	
№ ручья	Крист-р		ЗВО1		ЗВО2	
	H2O	H2O уд	H2O	H2O уд	H2O	H2O
	л	л/мин	л	л/мин	л	л/м
1	22155	1704	2411	185	2480	
2	23862	1591	2863	191	2958	
3	23662	1577	2909	194	3050	
4	24230	1615	2819	188	2980	
5	25522	1701	2961	197	3068	
6	24596	1640	2865	191	3045	
Итого	144027		16828		17581	

Журнал сообщений

Версия 0.99 16-04-20

245943	17.09.2004	18:10:08	ПК	Сообщение	21	Начало доводки					
245943	17.09.2004	18:12:00	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(20)	ДОЗ 1	104 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:14:29	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(18)	ДОЗ 1	100 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:16:02	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(20)	ДОЗ 1	103 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:19:02	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(14)	ДОЗ 1	71 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:30:02	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(14)	ДОЗ 1	75 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:31:56	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	Графит	В/П	8(5)	ДОЗ 2	118 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:32:37	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	SiMn 73	В/П	6(8)	ДОЗ 2	98 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:33:03	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	FeSi 75	В/П	5(11)	ДОЗ 2	52 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:35:45	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaF2 85	В/П	1(14)	ДОЗ 1	75 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:49:21	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	SiMn 73	В/П	6(3)	ДОЗ 2	23 кг РУЧ
245943	17.09.2004	18:49:48	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	FeSi 75	В/П	5(7)	ДОЗ 2	21 кг РУЧ
245943	17.09.2004	19:01:07	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaO ком.	В/П	4(29)	ДОЗ 1	128 кг РУЧ
245943	17.09.2004	19:03:20	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	MgO	В/П	7(167)	ДОЗ 2	101 кг РУЧ
245943	17.09.2004	19:03:21	ПК	Сообщение	13	Дозирование:	CaO ком.	В/П	4(22)	ДОЗ 1	102 кг РУЧ
245943	17.09.2004	19:05:20									
245943	17.09.2004	19:05:20									

Выбор фильтра сообщений

3: 0: ПК :
3: 1: ПК : Положение электрода
3: 2: ПК : Положение крышки
3: 3: ПК : Сталевоз в позиции нагрева
3: 4: ПК : Ступень напряжения
3: 5: ПК : Сталевоз в позиции установки ковша
3: 6: ПК : Замер температуры
3: 7: ПК : Фидер 1
3: 8: ПК : Фидер 2
3: 9: ПК : Нагрузка
3: 10: ПК : ВВ
3: 11: ПК : Канал блокировки
3: 12: ПК : Канал автоконтроля
3: 13: ПК : Дозирование: В/П ДОЗ
3: 14: ПК : Доз.Штайн
3: 15: ПК : Замер t (Multi-Lab)
3: 16: ПК : Корректировка карты бункеров
3: 20: ПК : Трайб

Автоматический паспорт и рапорт плавки

Пример сквозного паспорта плавки. (часть 1)

Назначение

Статус	А	Заказ	ТК	Пр.	Вар-т	Марка	ГОСТ	Экспорт	СО	С экв.	Шт.	Вес	Причинапереназначения
План		4071135161-1	3	2	0	1006	ASTM A 510M-96		Стан				
Годн.		4071135161-1	3	2	0	1006	ASTM A 510M-96	1	Стан	0.158	76	108.5	

Техн.процесс	А	Агрегат	№	Начало	Бр.	Конец	Бр.	Шлак	Длит.	Ток
1.Выплавкастали		Печь	2	30.09.200903:16:53	1	30.09.200904:16:24	1		01:00	00:50
		Шл/чаша	10							
2.Отстой 1		ПК	1	30.09.200904:16:24		30.09.200904:52:21			00:37	
Вн. обр-ка 1		ПК	1	30.09.200904:52:21	1	30.09.200905:48:26	1		00:56	00:15
3.Выдержка		СК	11	30.09.200904:16:24		30.09.200906:22:06			02:07	
4.Разливкастали		МНЛЗ	2	30.09.200906:22:06	1	30.09.200907:13:40	1		00:52	

Расходэлектроэнергии(кВтч)

Выплавка			Вн.обработка		Итого	
Всего	На1т скр.	На1т год.	Всего	На1т год.	Всего	На1т год.
55568	422	512	3392	31	58960	543

Заданный химический состав выплавляемой марки (%) 3/2-0

		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	As	Pb	Sn	Ti	V	N	B	Ca	W	Zr	Zn	Co	Nb
Требования НТД	min	0.00	0.25	0.07														0.0000						
	max	0.08	0.40	0.15	0.040	0.050	0.00	0.00	0.00								0.000	0.0000						
Рекомендуемый состав	min	0.00	0.26	0.08														0.0000						
	max	0.07	0.35	0.14	0.030	0.010	0.15	0.20	0.25		0.050	0.080	0.030	0.050		0.0200		0.0000				0.0040	0.050	0.0060
Цель		0.06	0.31	0.10		0.006																		

Химический состав стали по ходуплавки

Агр.	N	А	Пр.	Дата	Время	t лив.	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	As	Pb	Sn	Ti	V	N	B	Ca	W	Zr	Zn	Co	Nb
ДСП1	1		LB2	30.09.09	05:10	0	0.07	0.04	0.01	0.006	0.052	0.04	0.08	0.23	0.573	0.007	0.009	0.001	0.021	0.001	0.0013	0.005	0.0003	0.003	0.001	0.0005	0.0000	0.008	0.0010
КП	1		LB2	30.09.09	05:16	1528	0.06	0.27	0.04	0.012	0.016	0.04	0.10	0.22	0.002	0.008	0.009	0.000	0.017	0.001	0.0010	0.007	0.0003	0.001	0.001	0.0005	0.0000	0.009	0.0006
КП	2		LB2	30.09.09	05:36	1528	0.05	0.33	0.09	0.012	0.006	0.04	0.10	0.22	0.003	0.008	0.008	0.000	0.016	0.001	0.0011	0.006	0.0003	0.003	0.001	0.0005	0.0000	0.008	0.0011
М1	1		LB2	30.09.09	07:01	0	0.05	0.31	0.09	0.011	0.005	0.04	0.08	0.22	0.000	0.007	0.007	0.000	0.015	0.001	0.0011	0.009	0.0003	0.002	0.001	0.0005	0.0000	0.007	0.0008
М1	2*		LB2	30.09.09	07:05	0	0.05	0.32	0.10	0.012	0.005	0.04	0.10	0.22	0.003	0.008	0.009	0.000	0.018	0.001	0.0010	0.007	0.0003	0.002	0.001	0.0005	0.0000	0.009	0.0007
ТТ	1		LB2	30.09.09	10:37	0	0.00	0.00	0.10	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
ТТ	3		LB2	30.09.09	10:38	0	0.00	0.00	0.10	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000
ТТ	5		LB2	30.09.09	10:41	0	0.00	0.00	0.10	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000

Расход материалов, кг(м) (нормы по 3/2-0 ГБЖ (4-25мм))

Материал	ОКПЛ	Печь	Слив	Отст.	КП	Инж. вт.ч.	Вак.	Итого	Уд.	Откл.
??????????		3						3	0.03	
Al дробл.			105					105	0.97	
Al пор.					30			30	0.28	-106
CaF2 75					302			302	2.78	
CaO гранулир.					1277			1277	11.77	
CaO ком.		4185	423					4608	42.47	160
FeCa40прКитДм					113			113	1.04	
					240			240		
FeSi75			234		126			360	3.32	360
MgO			102					102	0.94	-792
SiCa30прКитДм					99			99	0.91	
					250			250		
Доломит		1291						1291	11.90	206
Кокспор.		674						674	6.21	44
МнС17(Р50)			428		89			517	4.76	44
УСМкр.антр.		818						818	7.54	-50

Металлошихта, (т) (нормы по 3/2-0 ГБЖ (4-25мм))

Состав	К1 03:16	К2 03:40	К3 03:51	К4	К5	Всего	Уд. кг/т	Откл.
25А собств (ОПШ 15%)	1.6					1.6	14.75	
ЗАОЛ(СПЦ)	1.6					1.6	14.75	
РБЖ 4-25 мм	13.7					13.7	126.27	-1.0
Лом габ.ст. 3А	50.9	26.4				77.3	712.44	-34.9
Лом/пакет-ия12А			23.5			23.5	216.59	
Пакеты8А (собств.)		7.2				7.2	66.36	
Пакеты9А	6.9					6.9	63.59	
Итого:	74.7	33.6	23.5			131.8		
Болото								

Расходгазанаплавку

Газ	Оборудование																																Всегона	
	Горелки		Палмур		Фулс		Д.фурмы		Дв.гор.		Трубка O2		Lang ЭПКп		LanЭПГ		LanПЗКп		LanПЗГ		LanП1Кп		LanП1Г		LanП11Кп		LanП11Г		КП		Вакр		плав.	т/г
	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т	м3	м3/т
CH4									72	0.7					125	1.1				0.0			143	1.3			142	1.3					482	4.4
O2					13	0.1			136	1.3	566	5.2	698	6.4	114	1.1	3	0.0		0.0	796	7.3	147	1.4	807	7.4	147	1.4					3428	31.6
Ar																													38	0.4			38	0.4
N2																																		

Автоматический паспорт и рапорт плавки

Пример сквозного паспорта плавки. (часть 2)

Температура стали на печи

Агр.	А	Дата	t°, °C	A(O), ppm	C, %
ДСП		30.09.0904:10	1618		
ДСП		30.09.0904:12	1654	1305	0.031

Температура стали на дов/вак

Агр.	А	Дата	t°, °C	A(O), ppm	C, %
КП		30.09.0904:52	1628		
КП		30.09.0905:21	1620		
КП		30.09.0905:41	1604		

Температура на разливке

Агр.	А	Дата	Ресурс	t°,C °Ф/Min	t°,C °Max	A(O), ppm	C, %
М2		30.09.0906:24	сталь	1564			
М2		30.09.0906:43	сталь	1568			
М2 ЗВО		30.09.0907:13	вода	21	22		
М2 Крист.		30.09.0907:13	вода	26	26		

Разливка

NМНЛЗ	Промковш	N в серии	Время серии	Пред.плавка	Диаметр	L мерн.	Футеровка
2	6	6 *	05:44	292189/5	17.0	11.7	кислая

Nр.	Крист-р H2O л	Крист-р уд. л/мин	ЗВО1 H2O л	ЗВО1 уд. л/мин	ЗВО2 H2O л	ЗВО2 уд. л/мин	ЗВО3 H2O л	ЗВО3 уд. л/мин	ЗВО4 H2O л	ЗВО4 уд. л/мин	Всего H2O л	Смазка мл	Смазка уд. мл/мин	Ромб мм	V ср. м/мин	Шт.	ЭМП т	Защ.	Закр	Замечания
1	28171	1761	4089	256	3602	225	2462	154	1901	119	40225	461	29		3.6	16				
2	26412	1761	3816	254	3369	225	2296	153	1770	118	37663	429	29		3.6	15				
3													0		0.0					резерв
4	28433	1777	4161	260	3645	228	2523	158	1962	123	40724	471	29		3.6	16				
5	28155	1760	4008	251	3528	220	2353	147	1794	112	39838	432	27		3.5	16				
6	26453	1764	3772	251	3289	219	2179	145	1655	110	37348	407	27		3.5	15				
Итг.	137624		19846		17433		11813		9082		195798	2200				78				

Производство

	Вес(т)	Штук
1.Скрап	131.8	
2.Жидкая сталь на сливе	113.3	
Жидкая сталь в СК №11 (1)	116.4	
3.Разлито	108.5	76
4.Годного	108.5	76

Стойкость элементов печи

Элемент	Номер	Кол/пл
1.Подина	2	29515
2.Панели	2	2805
3. Большой свод	2	2805
4. Малый свод	7	142
5.Эркер	7	6
6.Стены	1	708
7.Палмур		1501
8.Фукс	5	71
9. Донные фурмы 1		
2		
3		
4		

Стойкость СК

N СК	Фут-ка (плав.)	Арм-ра (плав.)	Время выдержки агр.	Время выдержки неагр.	Время выдержки итого	Время обр-ки
11	8	1148				

Стойкость вакууматора

Элемент	Кол/пл
Футеровка крышки вак-ра	117
Футеровка вак-камеры	421
Чистка вак-камеры	45

Замечания по техпроцессу:
Начальник смены ЭСПЦ: _____ /Марков К.А./ 30.09.0911:11

Замечания ОТК:
Контролер: _____ /Гершкова Е.Н./ 30.09.0911:20

Зам.нач. ЭСПЦ по технологии: _____ /Уринл.Л./

Оптимизация норм расхода материалов и отходов

Экономический эффект:

1. Снижение себестоимости выплавляемой стали на 1-50 долларов на тонну в зависимости от марки стали;
2. Автоматизация процесса расчета норм расхода;
3. Улучшение условий работы системы планирования закупок материалов и обеспечение ритмичности работы предприятия.

Проектные работы:

1. Лабораторный вариант системы ОРАКУЛ, применяемый для обучения студентов по предмету САПР на кафедре «Электрометаллургии стали и сплавов». (Донецкий НТУ)
2. Первичный технологический аудит и подготовка эскизного проекта «Создание системы автоматизированного расчета норм расхода материалов и отходов собственного производства». (Ижсталь, Ижевск)

МЕЧЕЛ
Ижсталь

Пример оценки эффективности

ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)»
CJSC «Ministeel mill «ISTIL(Ukraine)»

TÜV CERT DIN EN ISO 9001 : 2000

Обжимной цех

83062, г. Донецк, ул. Ивана Ткаченко, 122
Телефон: 61-32-78

ИСХ № 234 от 4.05.02

Отчет
анализа эффективности от внедрения
АРМ «Советчик старшего нагревальщика» и АСУ ТП на 4-х нагревательных колодцах

В декабре 2005 года на 4-х ячейках участка нагревательных колодцев была внедрена система автоматического управления технологическим процессом. Для расчета эффективности от ее внедрения были проанализированы удельные показатели работы нагревательных колодцев за предшествующий период и период работы ячеек с АСУ ТП. Данные приведены в таблице 1

Таблица 1

Год	Всад, тн	% всада стали ЭСПЦ	% всада стали мартена	Подстужечные марки стали (% от стали ЭСПЦ), тн	Уд. расход газа, кг.у.т./тн
2004	682263	36	64	57820 (23,5 %)	53,3
2005	473337	35	65	41531 (25,1%)	53,0
2006	524395	31	69	53857 (32,9%)	48,4

Из таблицы видно, что при сравнительно одинаковом проценте производства мартеновской стали и стали ЭСПЦ в 2006 году произошло снижение удельного расхода газа на 4,6 кг.у.т/тн всада, не смотря на увеличение производства подстужечных марок стали, которое должно было привести к возрастанию удельного расхода газа.

Для подсчета экономии газа от внедрения комплекса АСУ ТП на 4-х ячейках возьмем первые шесть месяцев 2006 года. Средний удельный расход газа составил 49,1 кг.у.т. /тн , снижение удельного расхода газа по сравнению с 2005 годом соответственно составило

$$У = 53{,}0 - 49{,}1 = 3{,}9 \text{ кг.у.т./тн}.$$

Экономия газа в кг условного топлива составила

$$В_{газа} = П * У,$$

где П — всад за 2006 год, тн

$$В_{газа} = 524395 * 3{,}9 = 2045140 \text{ кг.у.т.} = 2045{,}140 \text{ тн.у.т.}$$

Экономия газа в м^3 соответственно

$$В'_{газа} = В * к, \text{ тыс. м}^3,$$

где к =1,149 – средний переводной коэффициент за 2006 год.

$$В'_{газа} = 2045{,}140 : 1{,}149 = 1780 \text{ тыс. м}^3.$$

В денежном выражении по ценам февраля 2007 года экономия составит

$$Э = В'_{газа} * Ц,$$

где Ц – средняя фактическая цена газа за 2006г., грн./тыс. м^3.

$$Э = 1780 * 593{,}33 = 1056127{,}4 \text{ грн.}$$

На снижение удельного расхода газа могли оказать влияние такие факторы, как теплая зима и равномерность поступления металла на участок нагревательных колодцев. Однако анализ работы 2-х месяцев 2007 года показал, что эти факторы играют не значительную роль.

Начальник цеха — С.Н. Игнатьев

Начальник управления автоматизации производства — А.В. Волков

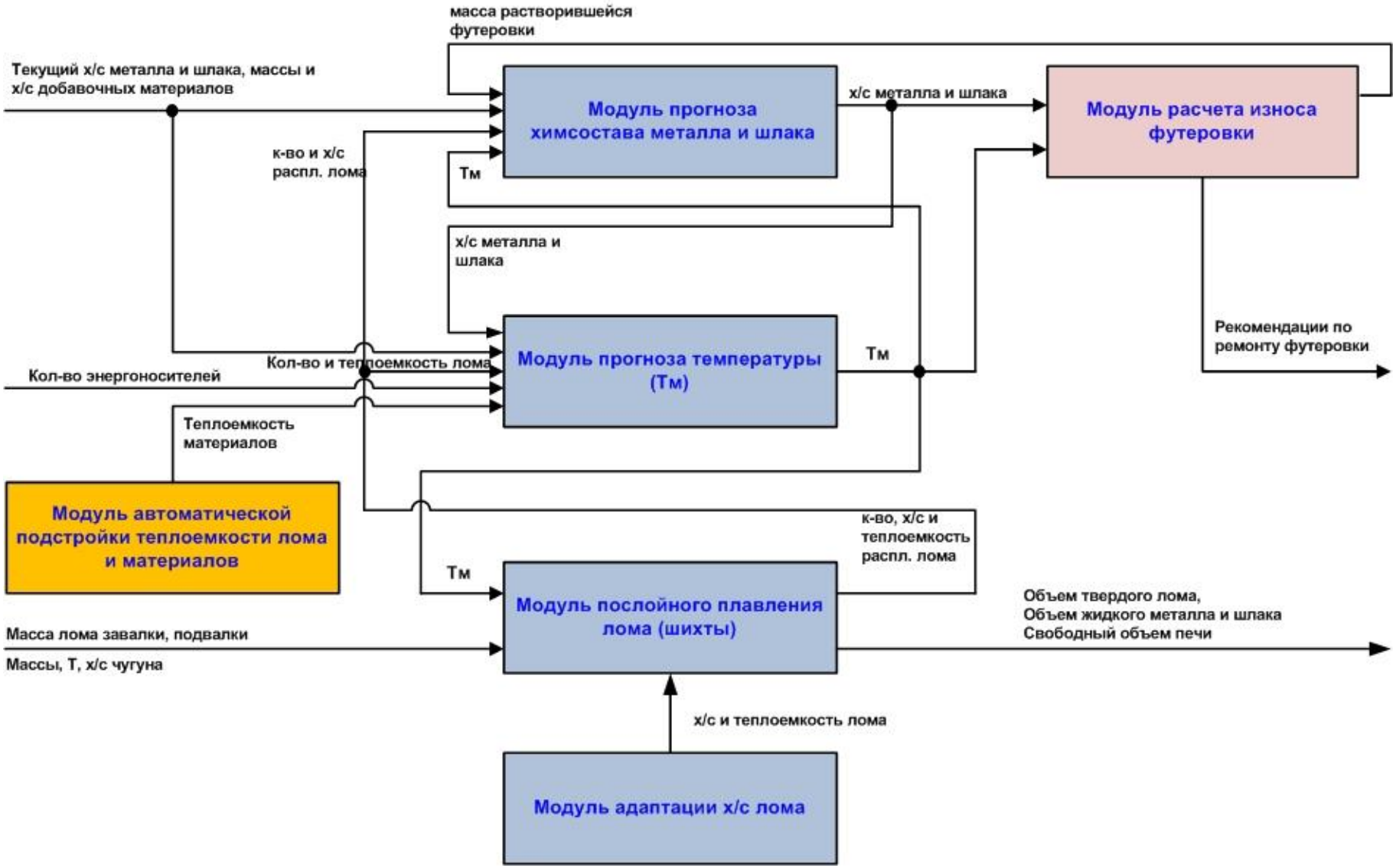
Старший мастер нагревательных колодцев — В.Л. Юрага

СОГЛАСОВАНО:
Начальник экономического отдела — З.И. Сайгакова

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака

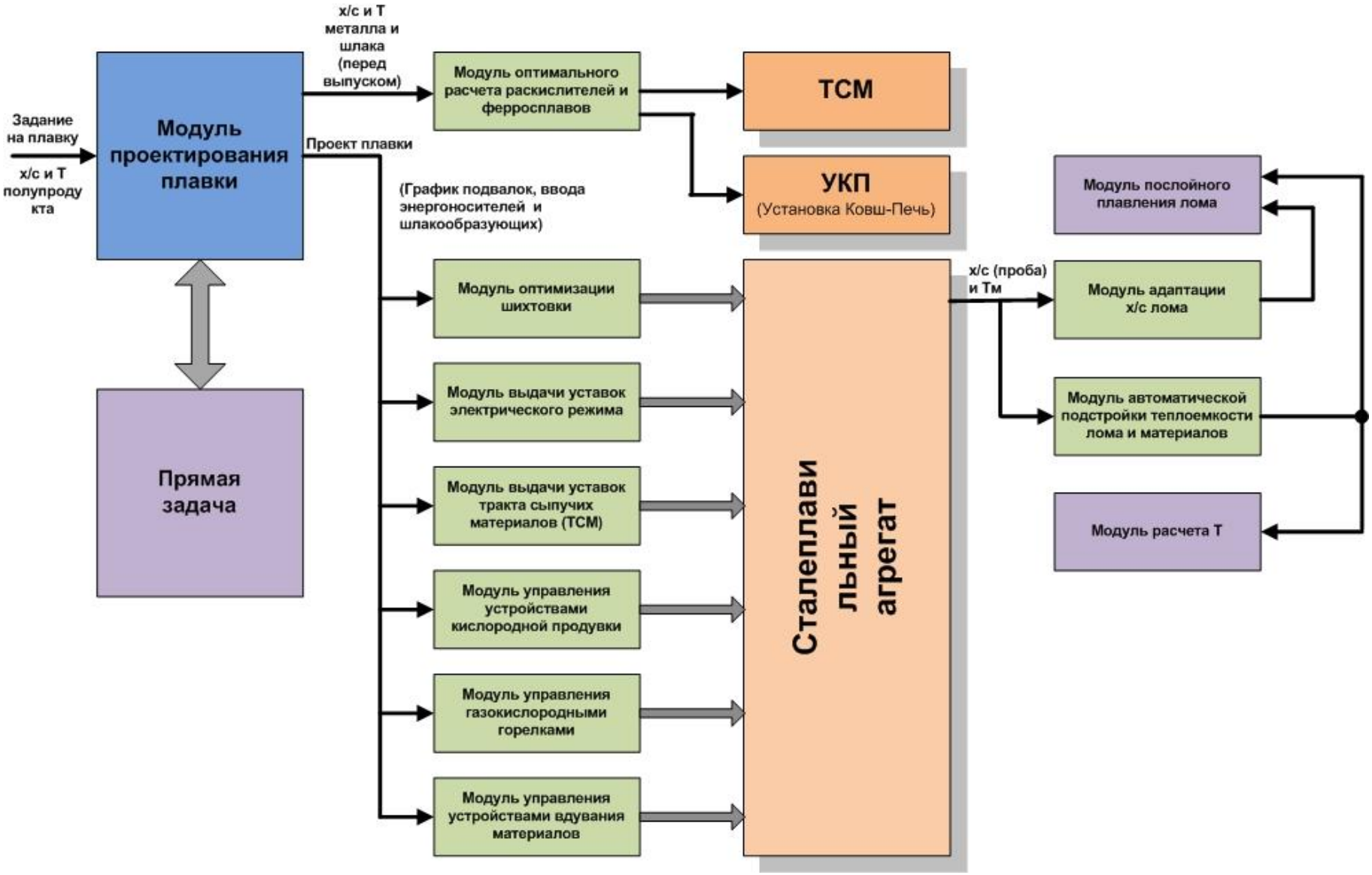
"Прямая" задача – расчет х/С и Т при известных добавках шихтовых материалов и энергоносителей



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет управляющих воздействий

“Обратная” задача



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Научный подход

Модель взаимодействия фаз	
Термодинамика	***Кинетика***
Критерии равновесия по методу Д.В. Гиббса	**Взаимодействие на границах раздела фаз**
Уравнения состояния	**Гидродинамика ванны**
Расчет равновесия	**Перемешивание и усреднение**
Энтальпийно-тепловые расчеты	**Перегрев шлака и поверхности металла**

Расчет состава металла и шлака. Вывод критериев равновесия

Энергия Гиббса

$$G = \sum_{j=1}^{f} G^{j}\left(n_1^j, n_2^j, \ldots, n_k^j\right)$$

Ограничения материального баланса

$$n_i = \sum_{j=1}^{f} n_i^j \qquad i = 1, 2, \ldots, k$$

Функция Лагранжа

$$L = \sum_{j=1}^{f} G^{j}\left(n_1^j, n_2^j, \ldots, n_k^j\right) + \sum_{i=1}^{k} \lambda_i \left(n_i - \sum_{j=1}^{f} n_i^j \right)$$

Расчет состава металла и шлака. Критерии равновесия Гиббса

$$\left.\begin{aligned}
&\mu_1^1 = \mu_1^2 = \ldots = \mu_1^f, \\
&\mu_2^1 = \mu_2^2 = \ldots = \mu_2^f, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\mu_k^1 = \mu_k^2 = \ldots = \mu_k^f.
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Расчет состава металла и шлака. Критерии равновесия с учетом дополнительных ограничений

$$n_i^j \geq 0 \qquad (2)$$

$$\left.\begin{array}{l}
(\mu_1^1 - \lambda_1)n_1^1 = (\mu_1^2 - \lambda_1)n_1^2 = \ldots = (\mu_1^f - \lambda_1)n_1^f = 0, \\
(\mu_2^1 - \lambda_2)n_2^1 = (\mu_2^2 - \lambda_2)n_2^2 = \ldots = (\mu_2^f - \lambda_2)n_2^f = 0, \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
(\mu_k^1 - \lambda_k)n_k^1 = (\mu_k^2 - \lambda_k)n_k^2 = \ldots = (\mu_k^f - \lambda_k)n_k^f = 0.
\end{array}\right\} \qquad (3)$$

Расчет состава металла и шлака. Активности в шлаке

Электронейтральность оксидной фазы

$$\sum_{i=1}^{k} n_{(i)} \nu_i = 0 \qquad \textbf{(4)}$$

Химический потенциал

$$\mu_{(i)} = \mu^{\circ}_{(i)} + RT \ln a'_{(i)} + \mu \nu_i \qquad \textbf{(5)}$$

Функция Лагранжа

$$L = \sum_{j=\text{Me,Шл}} G^j \left(n_1^j, n_2^j, \ldots, n_k^j \right) + \sum_{i=1}^{k} \lambda_i \left(n_i - \sum_{j=\text{Me,Шл}} n_i^j \right) + \lambda_0 \sum_{i=1}^{k} n_{(i)} \nu_i$$

Критерий равновесия

$$\mu_{[i]} = \mu_{(i)} + \lambda_0 \nu_i \qquad \textbf{(6)}$$

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»
Расчет состава металла и шлака

Уравнения состояния

Активности в шлаке	Активности в металле
Теория субрегулярных ионных растворов Г.Г. Михайлова	Теория субрегулярных растворов

1. Металл;
2. Шлак;
3. Газовая фаза;
4. Неметаллические включения;
5. Футеровка.

Расчет состава металла и шлака

1. Кинетические сопротивления при химическом взаимодействии частиц отсутствуют.
2. Скорость диффузионной доставки компонентов в зону реакций пренебрежимо мала.
3. Скорость взаимодействия фаз определяется скоростью доставки компонентов на границу раздела.
4. Массоперенос примесей происходит за счет конвективных потоков металла, при этом все элементы «едут в одном троллейбусе» и скорость их доставки не зависит от индивидуальных свойств элементов.
5. Скорость массопереноса определяется не градиентом химических потенциалов, а скоростью потоков металла и шлака, т.е. интенсивностью перемешивания, которая определяется величиной перемешивающих воздействий.

Расчет состава металла и шлака. Последовательность кинетического расчета

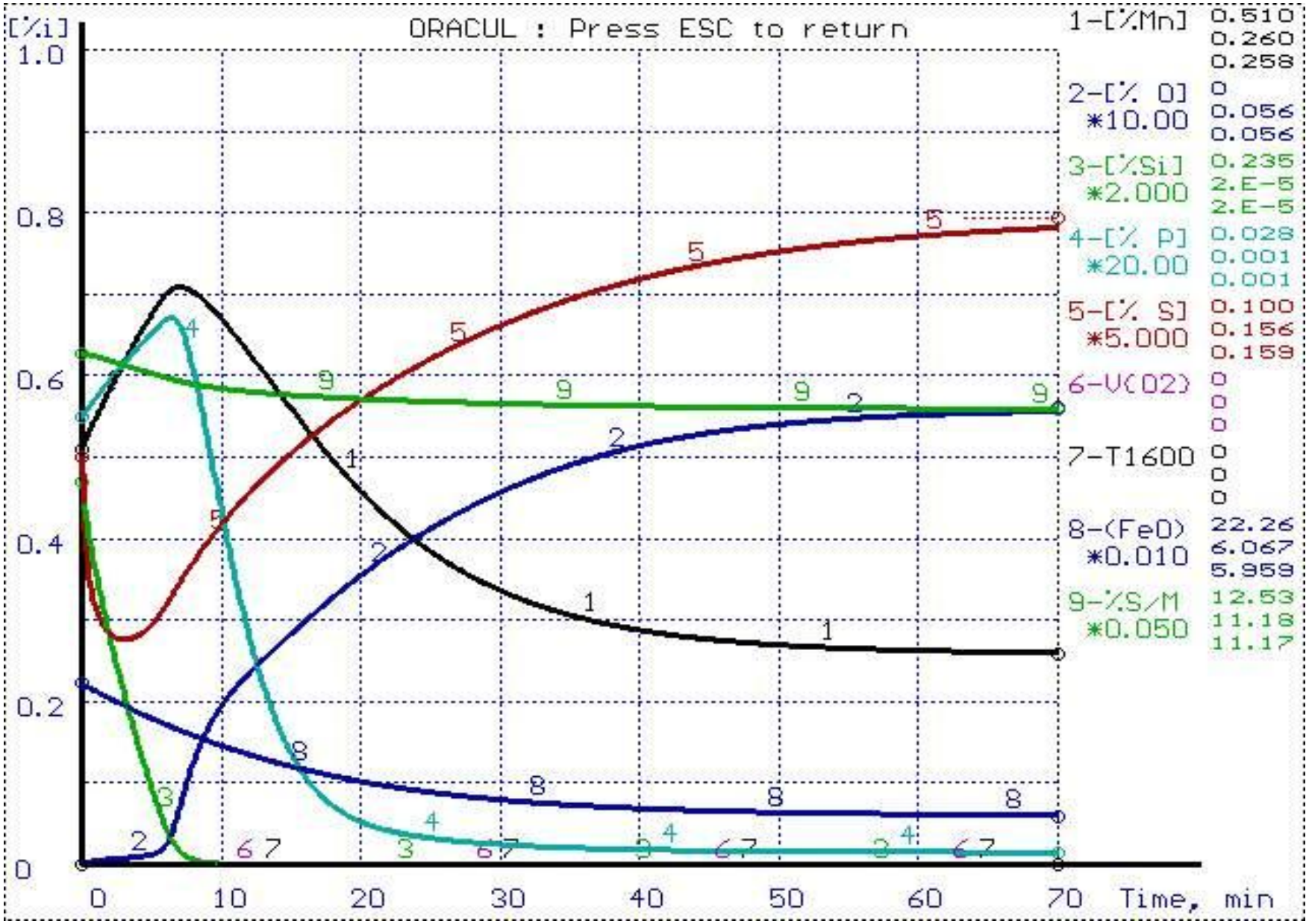
1 . Из общей массы металла и шлака условно выделяется РЗ и ЦО (все остальное).
2. Рассчитывается равновесие в РЗ.
3. Металл и шлак из РЗ смешивается с ЦО и усредняется.
4. Если достигнуто заданное конечное время, то расчет заканчивается, иначе - к п. 1.

$$m_{[i]} = m_{[i]}^{равн} - \left(m_{[i]}^{равн} - m_{[i]}^{0} \right) \exp\left(-\tau / \tau^{*} \right) \qquad \textbf{(7)}$$

τ^{*} - постоянная времени

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака



Расчет состава металла и шлака. Неравномерность распределения температуры по глубине ванны

Перегрев поверхности над подиной

$$\Delta T_{12} = C\left(1 - \exp\left(-\tau/\tau^{*}\right)\right) \quad \textbf{(8)}$$

Температура поверхности

$$T_1 = T_1^0 + q\tau + D\left(1 - \exp\left(-\tau/\tau^{*}\right)\right) \quad \textbf{(9)}$$

Расчет состава металла и шлака. Расчет скорости перемешивания

$$\frac{dv}{d\tau} = \frac{P - P_{тр}}{mv} \qquad \textbf{(10)}$$

$P_{тр}$, P – мощность сил трения и перемешивания

$$P_{тр} = k_{тр} v^2, \quad k_{тр} \approx (5 \div 30) \cdot 10^3 \qquad \textbf{(11)}$$

$$P = P_{CO} + P_{O_2} = 2.52 \cdot \frac{T \cdot y}{1 + 0.0507 \cdot y} + \frac{0.81 \cdot Q^3}{d^4} \qquad \textbf{(12)}$$

При P=0 торможение: $$v = v^0 \exp\left(-\tau / \tau^*\right) \qquad \textbf{(13)}$$

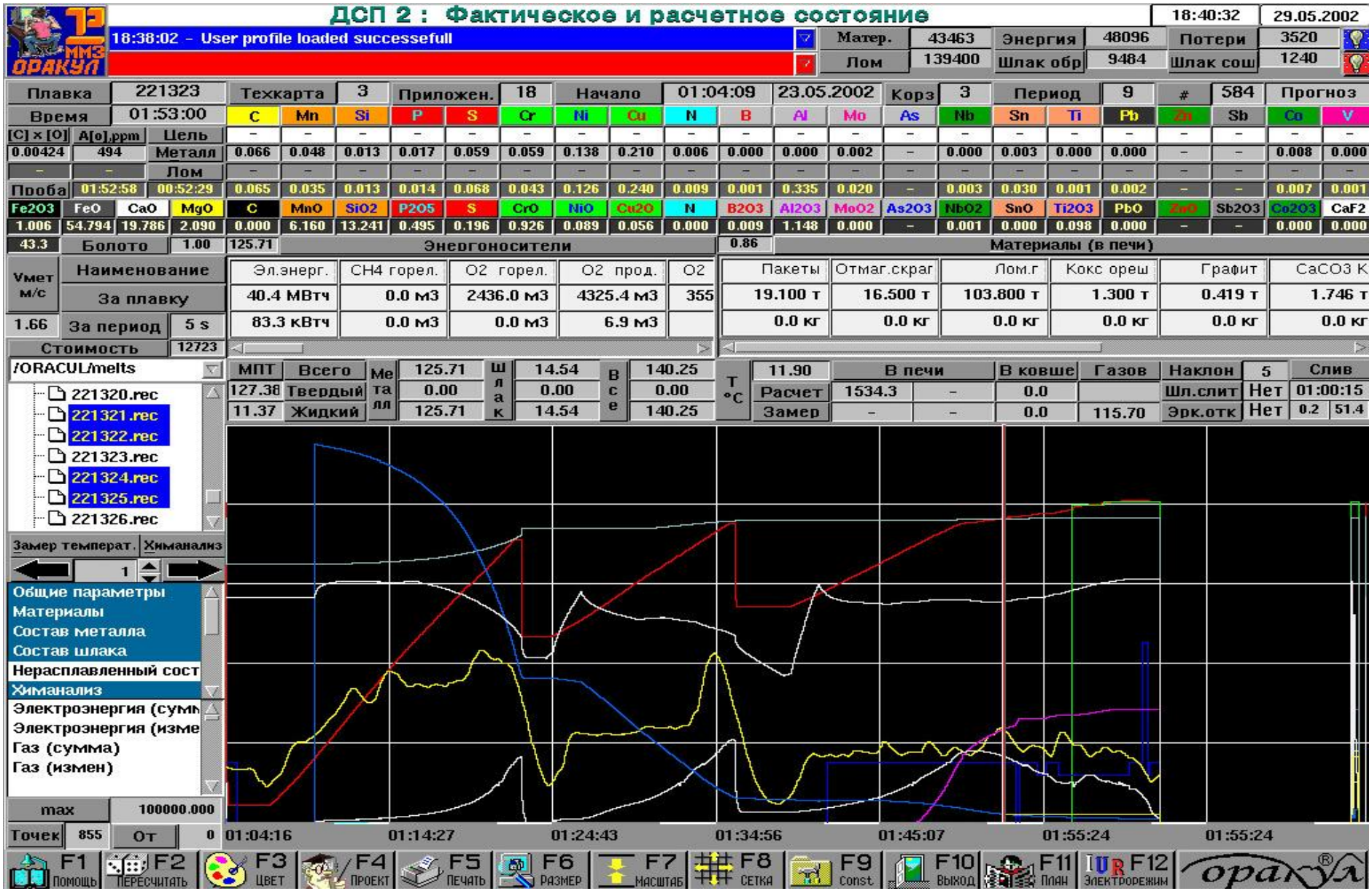
Постоянная времени: $$\tau^* = m / k_{тр} \approx 5 \div 30\, c$$

Расчет состава металла и шлака. Структура математической модели

1. Металл в виде металла и диспергированных НВ.
2. Шлак.
3. Твердые шихтовые, легирующие, шлакообразующие и другие материалы.
4. Кислород дутья.
5. Футеровка.
6. Реакционные зоны:
   - Граница раздела металл-кислород дутья
   - Граница раздела металл-шлак
   - Граница раздела металл-футеровка

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака



Коэффициенты усвоения

Линейные (интегральные) - вектор

$$U_i = \frac{\Delta m_{[i]}}{\Delta m_i} \quad (1)$$

Нелинейные (дифференциальные) - матрица

$$U_{ij} = \frac{\partial m_{[i]}}{\partial m_j} \quad (2)$$

Точность Общность

Учитывают влияние следующих факторов на усвоение элементов:

1. **Физико-химическое состояние ванны:**
   - **состав металла;**
   - **состав, основность и кратность шлака;**
   - **окисленность металла и шлака;**
   - **температура и др.**
2. **Вид и количество используемых материалов.**
3. **Взаимное влияние элементов и материалов.**
4. **Влияние шлакообразующих материалов.**
5. **Не требуют накопления обширной базы данных по периодам плавки и маркам сталей**

Расчет состава металла и шлака

известно:

поэлементный состав системы

$$\mathbf{Z} = (n_1, n_2, \ldots, n_k) \qquad (3)$$

вычисляется:

состав металла

$$\mathbf{Y} = (n_{[1]}, n_{[2]}, \ldots, n_{[k]}, \mu, n_{CO}) \qquad (4)$$

решается: **система уравнений**

$$\begin{cases} F_i = \ln a'_{(i)}(\mathbf{n}_{(\,)}) + \nu_i \mu - \ln a_{[i]}(\mathbf{n}_{[\,]}) - \ln K_{(i)}, \\ F_{k+2} = \ln a_{[C]}(\mathbf{n}_{[\,]}) + \ln a_{[O]}(\mathbf{n}_{[\,]}) + \ln \dfrac{K_{CO}}{P}, \\ F_{k+1} = \sum_i n_{(i)} \nu_i, \end{cases} \qquad (5)$$

Расчет коэффициентов усвоения

задана: **зависимость в неявном виде**

$$\mathbf{F}(\mathbf{Z}, \mathbf{Y}) = 0 \qquad (6)$$

вычисляются: **производные**

$$\mathbf{L} = \left(\frac{\partial Y_i}{\partial Z_j} \right) = -\mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{R} \qquad (7)$$

где

$$\mathbf{A} = \left(\frac{\partial F_i}{\partial Y_j} \right) \qquad \mathbf{R} = \left(\frac{\partial F_i}{\partial Z_j} \right) \qquad (8)$$

- матрица Якоби

Расчет состава металла и шлака. Вычисление производных

$$
\mathbf{A} = \begin{array}{c}
\begin{array}{ccc} n_{[j]} & \mu & n_{CO} \end{array} \\
\begin{array}{|c|c|c|}
\hline
-\left(n_{(i)} \dfrac{\partial \ln a_{[i]}}{\partial n_{[j]}} + n_{(i)} \dfrac{\partial \ln a_{(i)}}{\partial n_{(j)}} \right) & n_{(i)} \nu_i & -\left(n_{(i)} \dfrac{\partial \ln a_{(i)}}{\partial n_{(C)}} + n_{(i)} \dfrac{\partial \ln a_{(i)}}{\partial n_{(O)}} \right) \\
\hline
-\nu_j & 0 & -(\nu_C + \nu_O) \\
\hline
N^m \dfrac{\partial \ln a_{[C]}}{\partial n_{[j]}} + N^m \dfrac{\partial \ln a_{[O]}}{\partial n_{[j]}} & 0 & 0 \\
\hline
\end{array}
\end{array}
\begin{array}{c} F_i \\ F_{k+1} \\ F_{k+2} \end{array}
\quad \textbf{(9)}
$$

Размерность матриц:

A – (k+2) •(k+2)

R – (k+2)•(k)

$$
\mathbf{R} = \begin{array}{c}
n_j \\
\begin{array}{|c|}
\hline
n_{(i)} \dfrac{\partial \ln a'_{(i)}}{\partial n_{(j)}} \\
\hline
\nu_j \\
\hline
0 \\
\hline
\end{array}
\end{array}
\begin{array}{c} F_i \\ F_{k+1} \\ F_{k+2} \end{array}
\quad \textbf{(10)}
$$

Расчет состава металла и шлака. С учетом уравнений состояния

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} n_{[j]} & \mu & n_{CO} \end{array} \\ \begin{array}{|c|c|c|} \hline x_{(i)}\left(1+e^{z}\right)-\delta_{ij}\left(1+r_i\right) - n_{(i)}\left(\frac{\partial \ln\gamma_{(i)}}{\partial n_{(j)}}+\frac{\partial \ln\gamma_{[i]}}{\partial n_{[j]}}\right) & n_{(i)}\nu_i & 2x_{(i)}-\delta_{iCO} - n_{(i)}\left(\frac{\partial \ln\gamma_{(i)}}{\partial n_{(C)}}+\frac{\partial \ln\gamma_{(i)}}{\partial n_{(O)}}\right) \\ \hline -\nu_j & 0 & -(\nu_C+\nu_O) \\ \hline \frac{\delta_{jCO}}{x_{[j]}}-2+N^{m}\left(\frac{\partial \ln\gamma_{[C]}}{\partial n_{[j]}}+\frac{\partial \ln\gamma_{[O]}}{\partial n_{[j]}}\right) & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} \begin{array}{c} F_i \\ F_{k+1} \\ F_{k+2} \end{array}$$

$$\mathbf{R} = \begin{array}{c} n_j \\ \begin{array}{|c|} \hline \delta_{ij}-x_{(i)}+x_{(i)}\left(N^{s}\frac{\partial \ln\gamma_{(i)}}{\partial n_{(j)}}\right) \\ \hline \nu_j \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} \end{array} \begin{array}{c} F_i \\ F_{k+1} \\ F_{k+2} \end{array}$$

В формулах легко может быть учтена неидеальность фаз:

Расчет состава металла и шлака. Вычисляемые из КУ параметры

изменение массы элемента при добавлении материала:

$$D_{ij} = \frac{\partial m_{[i]}}{\partial X_j} = \sum_p \frac{\partial m_{[i]}}{\partial m_p} \frac{\partial m_p}{\partial X_j} = \sum_p U_{ip} B_{pj} \qquad (11)$$

изменение массы металла при добавлении материала:

$$C_j = \frac{\partial M^m}{\partial X_j} = \sum_i D_{ij} = \sum_i \sum_p U_{ip} B_{pj} = \sum_i V_i B_{ij} \qquad (12)$$

изменение содержания i при добавлении материала:

$$\Phi_{ij} = \frac{\partial P_{[i]}}{\partial X_j} = \frac{1}{M^m}(D_{ij} - P_{[i]} C_j) = \sum_p W_{ip} B_{pj} \qquad (13)$$

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака. Влияние материалов на состав (1)

Предварительное раскисление								
	O	Fe	Si	Mn	C	P	S	Масса
Графит	-0,49	0,199	0,213	0,01	0,265	0	0	0,203
FeSi75	-0,226	0,173	0,404	-0,003	0,123	0	0,004	0,473
Графит	-0,571	0,753	0,011	0,016	0,26	0	0,007	0,483
Графит	-0,544	1,245	0,011	0,022	0,175	0	0,013	0,932

Легирование								
	O	Fe	Si	Mn	C	P	S	Масса
FeSi75	-0,023	0,235	0,706	0	0	0	0	0,919
SiMn73	-0,007	0,096	0,154	0,59	0,014	0,005	-0,009	0,842
Графит	0,003	0,002	0,001	0,008	0,862	0	0,001	0,878

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака. Влияние материалов на состав (2)

Корректировка								
	O	Fe	Si	Mn	C	P	S	Масса
SiMn73	-0,001	0,099	0,145	0,655	0,014	0,005	-0,002	0,913
FeSi75	-0,005	0,243	0,709	0,045	0	0	0,001	0,995

Десульфурация								
	O	Fe	Si	Mn	C	P	S	Масса
CaO п1	-0,003	0,001	0,002	-0,029	0	0	-0,012	-0,042
CaF_2 85	-0,007	-0,009	-0,001	-0,043	0	0	-0,019	-0,08
SiCa пр	-0,006	0,422	0,41	0,051	0,006	0	-0,007	0,879

Расчет состава металла и шлака. Неравенства для симплекс-метода

Целевая функция

$$S = \sum_j Q_j X_j \to \min \qquad (14)$$

Неравенства по составу металла:

$$P_{[i]}^{\min} \le P_{[i]} \le P_{[i]}^{\max} \qquad (15)$$

Состав металла при добавлении материала:

$$P_{[i]} = \frac{m_{[i]}^0 + \sum_j D_{ij} \Delta X_j}{\sum_p \left(m_{[p]}^0 + \sum_j D_{pj} \Delta X_j \right)} = \frac{P_{[i]}^0 M^0 + \sum_j D_{ij} \Delta X_j}{M^0 + \sum_j C_j \Delta X_j} \qquad (16)$$

Приведенная система неравенств:

$$\begin{cases} \sum_j \left(D_{ij} - C_j P_{[i]}^{\max} \right) \Delta X_j \le M^0 \left(P_{[i]}^{\max} - P_{[i]}^0 \right), \\ \sum_j \left(C_j P_{[i]}^{\min} - D_{ij} \right) \Delta X_j \le M^0 \left(P_{[i]}^0 - P_{[i]}^{\min} \right). \end{cases} \quad (17)$$

Очередное приближение (итерация):

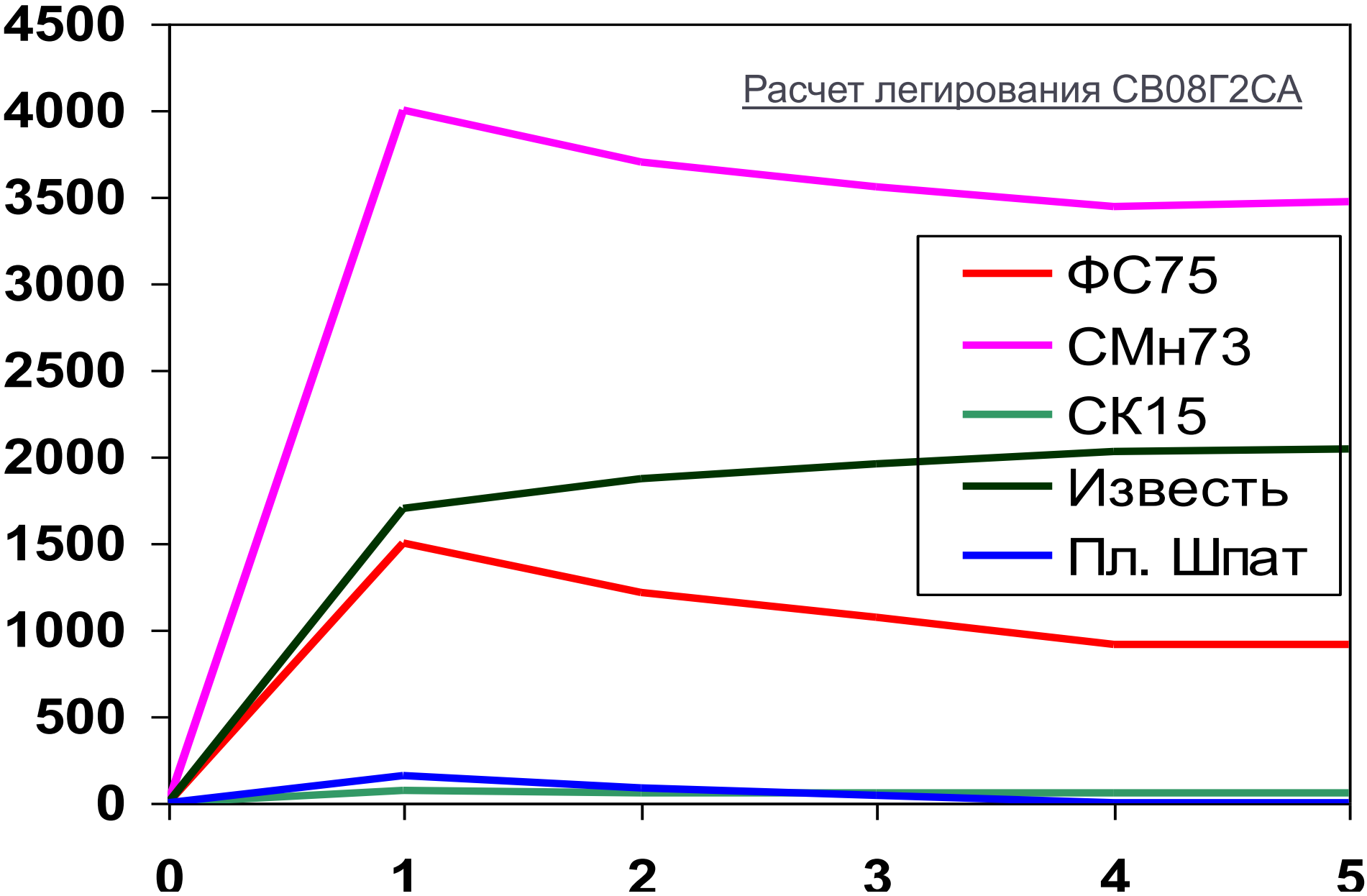
$$\mathbf{X} = \mathbf{X}^0 + \Delta \mathbf{X} \quad (18)$$

Условие окончания итераций:

$$\left| \Delta \mathbf{X} \right| = \left| \mathbf{X} - \mathbf{X}^0 \right| \le \varepsilon \quad (19)$$

Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака



Система ОРАКУЛ – фундамент построения АСУТП «Плавка»

Расчет состава металла и шлака

ЭСПЦ : Ход и проект выплавки и внепечной обработки стали | 16:39:42

ОРАКУЛ ММЗ | 16:39:41 - P=0,T=32.11 | Тракт свободен | 405 s | Слежение

223777 | 4/10

Параметр	Время	Жидкий металл: Тепло	Вес	C	Mn	Si	P	Cr	S	Жидкий шлак: Вес	FeO	CaO	SiO2	P2O5	MgO
Цель		1600.0		0.400	1.300	0.250	–	–	0.015	–	–	–	–	–	–
Сейчас	16:39:38	32.1	–	–	–	–	–	–	–	0.4	63.319	22.321	6.542	0.325	2.781
Анализ	16:15:34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
К сливу	17:22:38	1650.6	125.0	0.032	0.040	0.010	0.015	0.075	0.050	14.5	48.538	23.849	13.760	0.585	5.450
В ковше	17:25:27	–	117.4	0.400	1.304	0.250	0.024	0.075	0.022	2.4	2.727	51.632	20.044	0.049	5.680

Завалка | Корзина 1 | Подвалка 1 | Последняя | Рафинирование | Слив

Температура (град С)	36.37	50.06	50.09	50.12	50.15	50.18	50.22	50.25	50.28	50.31	50.34	5
Энергия (кВт*ч/т)	8.73	12.01	12.02	12.03	12.04	12.04	12.05	12.06	12.07	12.07	12.08	1

Устройство	Вещество	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
Выключатель	Напряж. 35кВ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
ПСН	Ступ. ПСН	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	2
Simelt AC	Кривая	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
П2 Палмур	O2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
П2 М-р Фукс	O2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
П2 Т1	O2	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
П2 ДГ	CH4	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	

K1	Лом.г	27.40
	Скрап.пр-I	28.70
K2	Стр.ст.вит	8.10
	Кокс ореш	1.10
	–	0.00
	–	0.00
	–	0.00
	Итого:	65.30

Показатели плавки

Корзина 1																
Корзина 2																
Корзина 3																
Корзина 4																
Рафинирование		0.00														
20 % ковша	SiAl	0.00	Al(сплав)	100.00	Графит	100.00										
40% ковша	Кокс мел.	0.00	Графит	325.00	CaO кус	0.00	SiMn73	2290.00								
60 % ковша	SiC	130.00	FeSi75	0.00	FeSi65	0.00										
100% ковша	CaO кус	400.00														
УКП (этап 1)	CaO п1	755.00	CaO кус	0.00	CaF2 85	0.00	CaF2 91	0.00	SiAl	0.00	Кокс мел.	0.00	АПС	0.00	SiCa	
УКП (этап 2)	CaO п1	120.00	CaO кус	0.00	CaF2 85	0.00	CaF2 91	0.00	SiMn73	0.00	SiMn65	0.00				
УКП (этап 3)	CaO п1	0.00	CaO кус	0.00	CaF2 85	0.00	CaF2 91	0.00	FeSi75	0.00	FeSi65	0.00				
УКП (этап 4)	SiCa пр	50.00	FeB пров	0.00												
Вакууматор																
Промковш																

F1 Помощь | F2 Пересчитать | F6 Размер | F9 Const | F10 Выход | F11 План | ОРАКУЛ®

Вопросы ?

Наши координаты:

г. Донецк
Тел. :+380 (50) 564-63-08
Факс:+380 (62) 385-38-86
196603, г. Донецк,
ул. Университетская, д.82
npp@oracul.org
http//: www.oracul.org

г. Санкт-Петербург
Тел. :+7 (812) 331-96-20
Факс: +7 (812) 331-96-21
196603, СПб, Пушкин,
ул. Парковая, д.56 лит.А
info@energy.spb.ru
http//: www.spbec.ru