

**САТИМОВА ЕЛЕНА ГРИГОРЬЕВНА**

**Разработка эффективной модели улучшения условий труда  
процесса шахтной сократительной плавки**

05.26.01 – охрана труда

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева Министерства образования и науки Республики Казахстан

**Научные руководители**

доктор технических наук  
Даулетбаков Т.С.,

кандидат технических наук  
Меркулова В.П.

**Официальные оппоненты**

доктор технических наук  
Долгов П.В.,

кандидат технических наук  
Сыздыкова А.Н.

**Ведущая организация**

Карагандинский Государственный  
Технический Университет

Защита состоится «27» августа 2010 года в 14<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета Д 14.61.25 при Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, ГМК, ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева.

Автореферат разослан «27» июля 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор

М.Т. Жараспаев

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Процесс шахтной сократительной плавки, используемый для переработки практически всех попутно получаемых в свинцовом производстве промпродуктов и оборотных материалов, является одним из самых опасных объектов риска. Это связано с тем, что каждый промпродукт и оборотный материал, поступающий на переработку, характеризуется сложным химическим составом и повышенным содержанием меди, свинца, мышьяка, сурьмы и др. металлов, которые перераспределяясь между продуктами плавки, оказывают существенное влияние на условия труда работающих. Переработка сложного, нестабильного по составу исходного сырья в процессе шахтной сократительной плавки сопровождается значительными колебаниями выходов продуктов плавки и концентрирующихся в них вредных веществ. При этом уровень воздействия вредных веществ на условия труда в плавильном цехе резко возрастает. Максимальное воздействие вредных веществ рабочие (особенно плавильщики и крановщики цеха) получают при выпуске жидких продуктов из печи за счет воздействия на них высоких температур жидких расплавов (шлака, штейна, чернового свинца) и повышенных концентраций вредных веществ в атмосфере цеха рабочей зоны, образующихся в результате испарения с поверхности расплава.

Низкие технологико-экономические показатели процесса - извлечение меди в штейн ~ 83 % и свинца в черновой свинец, едва достигающий до уровня ~ 45 % указывают на то, что процесс шахтной сократительной плавки не достаточно эффективен и с точки зрения технологической сути. Устранение указанных недостатков требует проведения дополнительных исследований, направленных как на улучшение условий труда, так и на повышение технологико-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки.

**Целью работы** является улучшение условий труда в рабочей зоне при проведении процесса шахтной сократительной плавки путем разработки эффективной модели управления процессом.

**Основная идея работы** заключается в улучшении условий труда в рабочей зоне плавильного цеха, уменьшении негативных воздействий меди, свинца, мышьяка и их соединений на рабочий персонал посредством разработанной эффективной технологико-аналитической модели процесса шахтной сократительной плавки.

### **Задачи исследования:**

– провести анализ, определить вредные производственные факторы и выработать решения, обеспечивающие улучшение условий труда рабочего персонала;

– изучить распределение меди, свинца, мышьяка, сурьмы и их соединений между продуктами плавки и выявить причины и факторы, влияющие на их перераспределение;

– установить количественные соотношения меди, свинца, мышьяка и их соединений между входными и выходными материальными потоками в динамике;

– провести оценку состава воздуха плавильного цеха на содержание Cu, Pb, As и их соединений, влияющих на состояние условий труда рабочего персонала;

– построить количественные математические модели, позволяющие прогнозировать конечные содержания меди, свинца и мышьяка в шлаках в зависимости от различных параметров (температуры, парциального давления кислорода, состава исходной шихты и шлака);

– построить общую математическую модель процесса шахтной сократительной плавки и на ее основании определить оптимальные значения входных и выходных технологических параметров процесса, влияющих на условия труда работающих;

– разработать информационно-аналитическую систему оперативного контроля технологических параметров процесса шахтной сократительной плавки, позволяющую определять конечные оптимальные концентрации меди, свинца, мышьяка и их соединений в продуктах плавки с выводом и передачи данных на конечную технолого-аналитическую модель управления процессом;

– разработать эффективную технолого-аналитическую модель контроля и регулирования технологических параметров процесса, обеспечивающую улучшение условий труда и повышение технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки.

**Методы исследования.** При проведении исследований использован комплексный научный подход, включающий решение задачи улучшения условий труда рабочего персонала, и повышения технолого-экономических показателей процесса. В работе использованы такие современные физико-химические методы исследования как: химический анализ составов продуктов плавки, минералогические исследования фазовых составов получаемых продуктов с применением металлографического, электронно-микроскопического и ядерно-гамма резонансного методов анализа. Широко использованы методы математической обработки статистических данных с применением IT-технологий. Для оперативного контроля и регулирования технологических параметров процесса использованы приборы и средства нового поколения: рентгенофлуоресцентный лабораторный прибор РЛП 21Т, оптический пирометр Raytek Raynger 3i и микропроцессорный таймер контроля ВМ 8036.

**Объектом исследования** является процесс шахтной сократительной плавки свинцового производства ОАО «Казцинк» и его влияние на условия труда обслуживающего персонала.

**Предметом исследования** является улучшение условий труда рабочего персонала путем обеспечения оптимальных технологических параметров процесса.

**Основные научные положения, выносимые на защиту:**

– анализ негативного воздействия составов получаемых продуктов на условия труда рабочего персонала, включающий результаты количественных

соотношений входных и выходных материальных потоков и распределения меди, свинца, мышьяка и их соединений в них;

– разработанные математические модели, прогнозирующие содержание меди, свинца и мышьяка в шлаках в зависимости от состава штейна, шлака и задаваемых технологических параметров процесса (температуры, парциального давления кислорода);

– результаты оптимальных значений технологических параметров процесса обеспечивающие улучшение условий труда работающих и полученные с помощью разработанной информационно-аналитической системой процесса шахтной сократительной плавки;

– разработанная эффективная технолого-аналитическая модель контроля и регулирования технологических параметров процесса, обеспечивающая улучшение условий труда и повышение технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки.

**Научная новизна работы состоит в следующем:**

– проведен анализ и выявлены опасные факторы, влияющие на условия труда процесса шахтной сократительной плавки. Установлено, что наибольшую степень опасности на условия труда и безопасность людей на рабочем месте оказывают составы штейнов и шлаков;

– решены вопросы улучшения условий труда на рабочих местах путем регулирования составов исходных и выходных продуктов плавки в воздухе рабочей зоны и оптимизации технологических параметров процесса шахтной сократительной плавки;

– впервые для шахтной сократительной плавки разработан алгоритм управления, блок-схемы проведения математических расчетов и написана программа, позволяющая прогнозировать количество выходных материальных потоков и содержания меди, свинца, мышьяка и их соединений в них, оказывающих существенное негативное воздействие на запыленность воздуха рабочей зоны;

– впервые разработана информационно-аналитическая система технологического процесса, направленная на обеспечение нормальных условий труда путем оптимизации его технологических параметров;

– впервые разработана эффективная технолого-аналитическая модель, обеспечивающая улучшение условий труда и повышение технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки путем контроля, регулирования и стабилизации его технологических параметров.

**Реализация результатов работы:** разработанная эффективная технолого-аналитическая модель рекомендована для внедрения в производство с целью улучшения условий труда рабочего персонала и повышения технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки. Результаты работы внедрены в учебный процесс.

**Личный вклад автора.** Автором исследован материальный баланс исходных и получаемых потоков, определены количественные соотношения меди, свинца и мышьяка в продуктах плавки и их воздействие на условия труда рабочего персонала. Построены математические модели, прогнозирующие

предельные концентрации меди, свинца и мышьяка в продуктах плавки. Автором впервые разработана эффективная технолого-аналитическая модель, обеспечивающая совместное решение задачи улучшения условий труда процесса, и повышения его технолого-экономических показателей.

**Обоснованность и достоверность** научных положений обеспечивается:

– использованием фундаментальных основ охраны труда, теории пиromеталлургических процессов и физической химии;

– научно обоснованным выбором объекта исследования, корректностью постановки теоретических задач, достаточным объемом исходных статистических данных принятых к анализу и широким использованием современных IT-технологий к решению задач;

– использованием современных физико-химических методов исследований и анализа, применением приборов и технических средств последнего поколения.

**Практическая значимость работы.** Применение разработанных математических моделей на практике позволит прогнозировать содержание меди, свинца и мышьяка в продуктах плавки. Стабилизация содержания меди, свинца, мышьяка и их соединений в продуктах плавки за счет оптимизации технологических параметров обеспечит благоприятные условия для улучшения условий труда при шахтной сократительной плавке.

Использование информационно-аналитической системы в совокупности с разработанной схемой экспресс-анализа составов исходной шихты и выходных продуктов плавки позволит оперативно контролировать предельные концентрации вредных веществ в атмосфере цеха рабочей зоны, улучшить условия труда, нормализовать микроклимат в цехе, стабилизировать работу вентиляционных систем, а также повысить технолого-экономические показатели шахтной сократительной плавки.

Применение разработанной эффективной технолого-аналитической модели на практике обеспечит высокую безопасность процесса за счет автоматического его управления и сведет к минимуму участие человеческого фактора. При этом одновременно достигается улучшение как условий труда и безопасности рабочего персонала, так и технолого-экономических показателей процесса.

**Апробация работы.** Результаты работы доложены на Международной научной конференции «Образование и наука без границ». Прага, 2009 г.;

I Международной научно-практической конференции «Повышение качества преподавания информационных технологий в ВУЗах: пути и возможности». Алматы, 2010 г.; II-ой Международной научно-практической конференции «Научный прогресс на рубеже тысячелетий», Прага, 2010 г.

**Связь диссертации с планами НИР.** Работа выполнялась в соответствии с планом научно-исследовательских работ Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева.

**Публикации по теме диссертации:** Опубликовано 8 научных трудов: из них 1 учебное пособие, 3 статьи, 4 тезиса докладов на Международных конференциях.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 106 наименований, содержит 136 страниц компьютерного набора, в том числе 32 рисунка, 12 таблиц и 5 приложений.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ деятельности свинцового производства ОАО «Казцинк» показал, что процесс шахтной сократительной плавки, предназначенный для переработки попутно получаемых в процессе производства свинца продуктов, характеризующихся повышенным содержанием вредных веществ, является одним из опасных источников риска. В процессе шахтной сократительной плавки основными вредными выбросами, влияющими на условия труда, безопасность людей на рабочих местах, и окружающую среду являются медь, свинец, мышьяк, сурьма и сернистый ангидрид. Наличие и высокие концентрации этих веществ в помещениях, в продуктах свинцового производства оказывают существенное влияние на условия труда и здоровье работающих. Наибольшее воздействие высоких температур и вредных веществ получают плавильщики и крановщики, которые принимают непосредственную негативную нагрузку при выпуске жидких продуктов плавки из печи и перемещении их в цехе. В целях обеспечения нормальных условий труда на производстве, периодичностью один раз в месяц и декаду, проводится систематический контроль воздуха рабочих мест. Контроль проводится в тех точках и местах, которые представляют наибольшую степень опасности для работающих, и в первую очередь, для плавильщиков и крановщиков. Схема систематического контроля воздуха рабочих мест, проводимых на производстве, показана в таблице 1.

Таблица 1 – Схема систематического контроля воздуха рабочих мест

Участок и точки	Определяемые компоненты
1. Колошниковая площадка, в середине.	Пыль, As, t?C, Влажность, Pb
2. Крановый пролет, в середине.	Пыль, As, t?C, Влажность, Pb
3. Тельферный пролет, в середине.	Пыль, As, t?C, Влажность, Pb
4. Мельничное отделение, у мельницы	Пыль, As, t?C, Влажность, Pb

Нетрудно видеть, что существующий контроль не обеспечивает должного анализа остальных вредных веществ и соединений, которые могут не только образовываться в процессе плавки, но и оказывать существенное влияние на условия труда и здоровье работающих. К примеру, наличие других составляющих вредных веществ нетрудно видеть из результатов составов

исходных и получаемых продуктов плавки показанных в таблице 2.

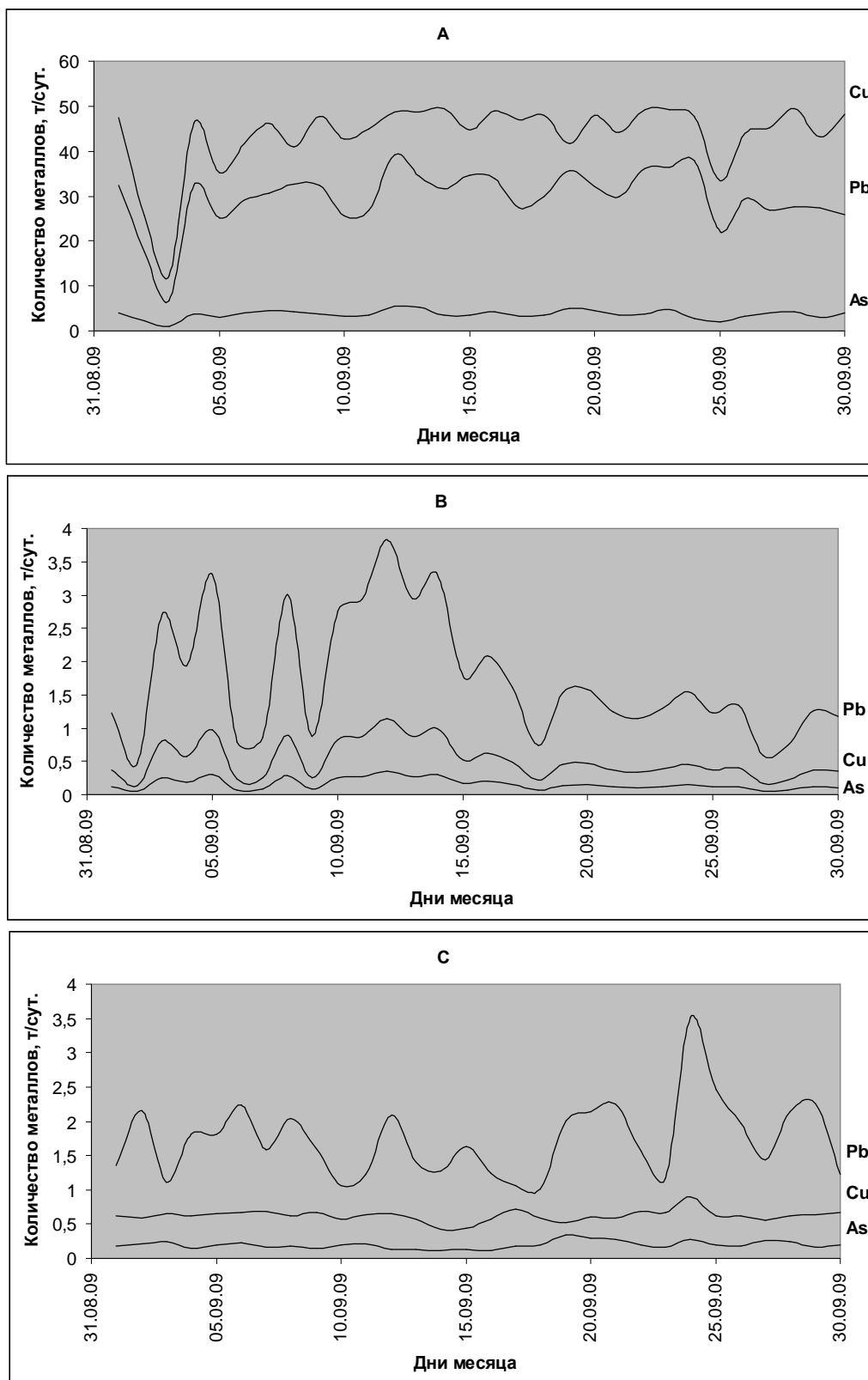
Таблица 2 - Характеристика состава исходной шихты и получаемых продуктов шахтной сократительной плавки

Наименование продуктов	Содержание компонентов, % мас.							
	Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	As	Sb
Состав исходной шихты:								
Медно-цинковая руда								
Флюсовая руда	2,85	0,42	4,0	28,9	33,9	12,7	–	–
Конвертерный шлак	–	0,93	–	–	1	70,7	–	–
2-ые щелочные плавы	3,83	33,5	4,54	10,6	–	15,7	2,3	0,94
Бедный штейн	0,03	23,4	9,3	–	Н.о.	–	0,53	0,37
Медные шликеры	20,8	4	11,4	16,7	–	До	1,4	0,95
	23,3	19,5	1,74	–	11,1	5	3,16	0,98
		28,3			9,29	–		
Продукты плавки:								
Черновой свинец	3,07	92,0	0,01	0,01	Н.о	–	1,1	1,78
Штейн	38,5	25,7	4,45	9,1	11,9	–	4,25	0,7
Шлак	0,49	1,38	8,35	21,5	Н.о.	25,5	0,16	0,1
Пыль	7,3	24,6	8,3	Н.о.	Н.о.	Н.о.	2,29	0,5

Для проведения анализа и оценки влияния вредных веществ на условия труда при шахтной сократительной плавке вначале необходимо иметь представление о количественном их соотношении в исходных и получаемых продуктах плавки. Анализ среднемесячных результатов составов продуктов плавок – штейна, шлака, чернового свинца и пыли за год показал, что их среднемесячные составы сильно разнятся между собой. Это свидетельствует о том, что рабочий персонал, обслуживающий процесс, в каждом месяце получает различную нагрузку вредных веществ на свой организм. При этом если оценить ежесуточный уровень воздействия вредных веществ на рабочий персонал, то можно предположить, что это воздействие окажется намного существенней. Данное предположение подтверждается динамикой данных ежесуточного изменения количества меди, свинца и мышьяка в продуктах плавки, которая показана на рисунке 1.

Установлено, что количественное изменение значений свинца в штейне, шлаке и пыли, на фоне изменения аналогичных значений меди и мышьяка во всех рассматриваемых продуктах плавки, выражено более ярко. Особенно сильные колебания свинца наблюдаются в шлаках и пыли. Значительные колебания меди отмечены в пыли. Интересным представляется факт, что характер кривой, отображающий ежесуточное изменение свинца в штейне практически повторяет ход изменения кривой меди в нем. Это свидетельствует о том, что в процессе шахтной сократительной плавки отношение содержания меди к свинцу в штейне практически остается постоянным и соответствует значению ~ 1,5. Аналогичная картина наблюдается и по количественному





А – в штейне; В – в пыли; С – в шлаке

Рисунок 1 – Динамика изменения количества меди, свинца и мышьяка в продуктах плавки, т/сут.

изменению меди и свинца в пыли: характер изменения хода кривой выхода меди в пыли повторяет ход изменения выхода свинца в нем.

Из полученных результатов можно заключить, что в процессе шахтной сократительной плавки, получаемые продукты плавки содержат повышенные количества Cu, Pb и As, значения которых в течение месяца сильно меняются и подвергаются значительным колебаниям. При этом следует ожидать, что при выпуске продуктов плавки из печи, концентрации Cu, Pb и As в атмосфере воздуха рабочей зоны, образующиеся в результате их испарения с поверхности расплава, будут не стабильными и также подвергаться значительным колебаниям, а в отдельные сутки даже превышать предельно-допустимые их концентрации. В результате уровень воздействия их на условия труда и здоровье рабочего персонала намного возрастает.

Установлено, что наибольшее негативное воздействие на условия труда и безопасность рабочего персонала в цехе оказывают количественные соотношения меди, свинца и мышьяка, концентрирующиеся в штейне, шлаке и черновом свинце. При нарушении технологического режима содержание каждого из этих металлов в продуктах плавки резко увеличивается, что приводит к 2-3 кратному превышению их ПДК в атмосфере воздуха рабочей зоны. В результате негативное их воздействие на здоровье обслуживающего персонала возрастает, что приводит к нарушению иммунной системы, осложнений в кровообращении, нарушений опорно-двигательных функций и в конечном итоге полной утрате работоспособности.

Показано что, при анализе условий труда и безопасности процесса шахтной сократительной плавки принципиальное значение имеет определение количественного соотношения получаемых в процессе плавки штейна и пыли. В результате математической обработки статистических промышленных данных о среднесуточном количестве и составах исходной шихты, штейна и пыли (всего 185 точек) построены уравнения множественной корреляции, позволяющие прогнозировать количества штейна и пыли от состава исходной шихты. Полученные уравнения имеют вид:

$$G_{\text{шт.}} = -27,687 + 0,784\text{Cu} + 1,869\text{Pb} + 6,248\text{Zn} + 3,87\text{Fe} - 2,723\text{S} - 3,556\text{As} - 1,56\text{CaO} + 6,336\text{SiO}_2, \quad r = 0,64; \quad (1)$$

$$G_{\text{п.}} = 0,223 - 0,214\text{Cu} + 0,336\text{Pb} - 1,082\text{Zn} - 0,61\text{Fe} + 1,98\text{S} - 2,636\text{As} + 0,619\text{CaO} - 0,035\text{SiO}_2, \quad r = 0,695, \quad (2)$$

где,  $G_{\text{шт.}}$ ,  $G_{\text{п.}}$  – количество штейна и пыли; Cu, Pb, Zn, Fe, S, As, CaO и  $\text{SiO}_2$  – содержание меди, свинца, цинка, железа, серы, мышьяка, оксида кальция и кремнезема в исходной шихте.

При определении концентраций свинца и мышьяка в атмосфере воздуха рабочих мест необходимо иметь сведения и о других их соединениях. Это имеет принципиальное значение с точки зрения охраны труда, так как полученные результаты дают возможность оценить воздействие на рабочий персонал не только указанных металлов, но и их соединений, присутствующих

в продуктах плавки. Для решения поставленной задачи в работе проведены исследования по изучению фазового состава штейнов и шлаков, полученных в процессе шахтной сократительной плавки. В результате минералогических исследований установлено, что медь, свинец и мышьяк в штейне и шлаке находятся в различных соединениях и представлены в виде сульфидов, оксидов и интерметаллидов (соединения меди с мышьяком и сурьмой и др.). При этом до 80 % меди в штейне, от общего ее содержания в нем, обнаружено в виде сульфида, 15 % в соединении с мышьяком и 5 % - в виде ферритов. В шлаках медь, в основном, присутствует в виде оксида и сульфида, в незначительной степени обнаружены ее соединения с мышьяком и сурьмой. Свинец, как в штейнах, так и в шлаках присутствует в виде своего оксида и сульфида.

Для определения конечных содержаний меди, свинца и мышьяка в штейне и шлаке построены математические модели, позволяющие прогнозировать содержания меди, свинца и мышьяка в шлаках в зависимости от составов штейна и шлака. Полученные уравнения имеют вид:

От состава штейна:

$$(Cu) = -0,153 + 0,0039[Cu_{Cu_2S}] + 0,015[Pb] + 0,0045[Fe] + 0,0098[S], \quad r = 0,65, \quad (3)$$

$$(Pb) = 0,0654 - 0,0246[Cu_{Cu_2S}] + 0,076[Pb] - 0,0192[Fe] + 0,013[S], \quad r = 0,51, \quad (4)$$

$$(As) = 0,0396 - 0,001[Cu_{Cu_2S}] + 0,0072[Pb] + 0,0029[Fe] - 0,0089[S] + \\ + 0,008[As], \quad r = 0,63. \quad (5)$$

От состава шлака:

$$(Cu) = 1,16 - 0,0196(SiO_2) - 0,009(CaO), \quad r = 0,43, \quad (6)$$

$$(Pb) = 9,254 - 0,054(SiO_2) - 0,109(Fe_{общ.}) - 0,196(CaO), \quad r = 0,62, \quad (7)$$

$$(As) = 0,42 + 0,17(Cu) - 0,0115(Fe_{общ.}), \quad r = 0,44, \quad (8)$$

где (Cu), (Pb), (As), (SiO<sub>2</sub>), (CaO), (Fe<sub>общ.</sub>) – содержание меди, свинца, мышьяка, кремнезема, оксида кальция и общего железа в шлаке, %; [Cu<sub>Cu<sub>2</sub>S</sub>], [Pb], [Fe], [S], [As] – содержание сульфидной меди, свинца, железа, серы и мышьяка в штейне, %.

Уравнения (3) – (8) адекватно описывают промышленный эксперимент и могут быть использованы на практике для прогнозирования конечного содержания меди, свинца и мышьяка в шлаке в зависимости от составов штейнов и шлаков.

Для установления оптимальных значений технологических параметров процесса, обеспечивающих нормальные условия труда и повышение технологико-экономических показателей процесса, в работе разработана информационно-аналитическая система. Структура системы и назначения блоков, составляющих основу разработанной системы, показана на рисунке 2.

Математическая обработка данных и расчеты, проводимые в каждом блоке системы, осуществляются с использованием IT-технологий. При этом для каждого блока разработан свой алгоритм и блок-схема расчета. Система имеет

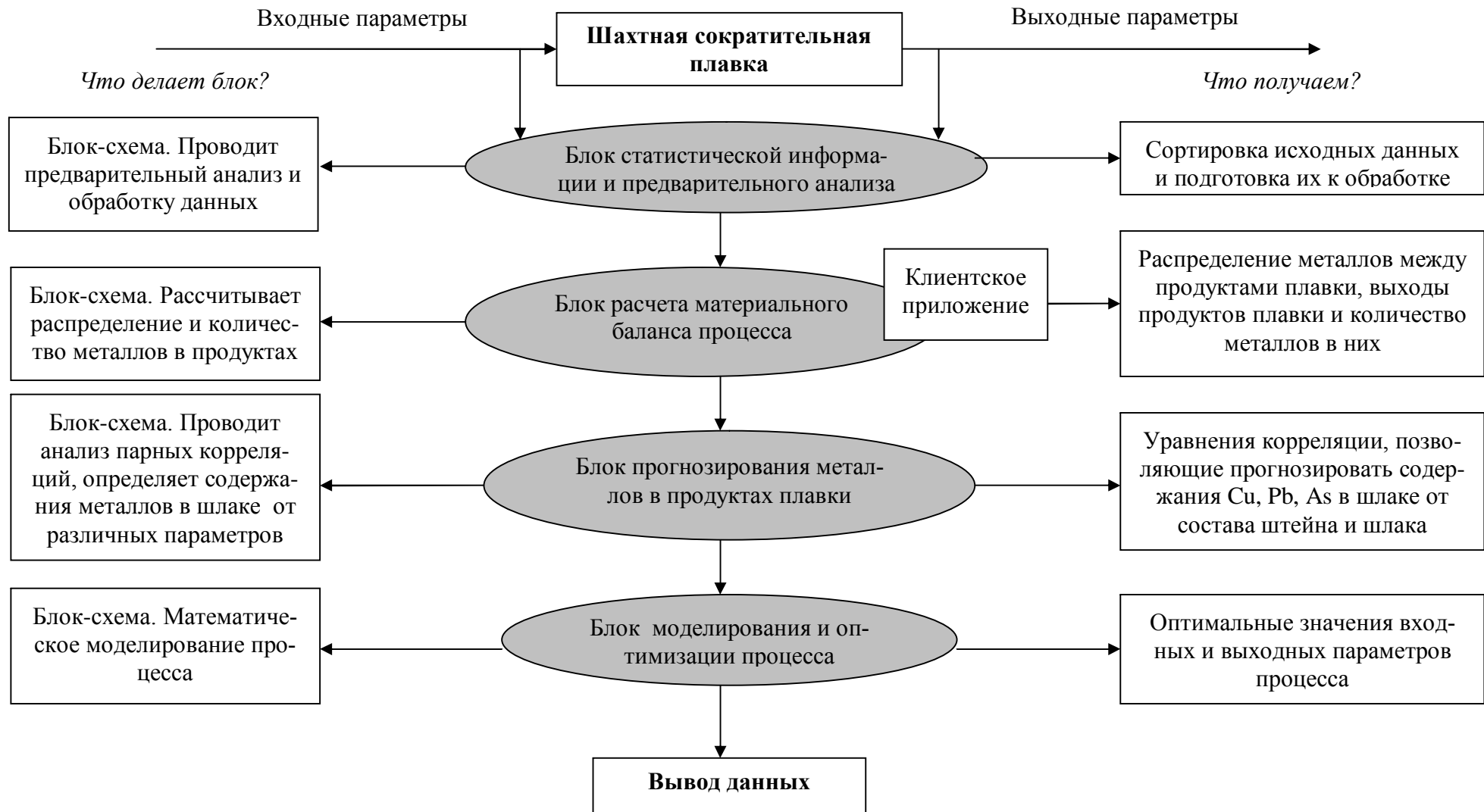


Рисунок 2 – Состав и структура информационно-аналитической системы процесса шахтной сократительной плавки

дополнительную схему оперативного контроля и регулирования технологических параметров процесса.

Оперативный экспресс-анализ составов продуктов плавки проводится с помощью портативного рентгенофлуорисцентного прибора РЛП – 21Т, который позволяет оперативно определять широкий спектр металлов и компонентов в твердых пробах в течение нескольких минут. Результаты замеров мгновенного экспресс-анализа составов исследуемых проб передаются в микропроцессорный таймер контроля ВМ 8036, который, в зависимости от установленных ограничений, выдает решения для регулирования конечных технологических параметров.

Оперативный контроль температурных режимов продуктов плавки проводится в разовом и стационарном режимах с помощью оптического пирометра Raytek Ranger 3i. Разовые замеры проводятся при выпуске жидких продуктов плавки из печи, а стационарные - с помощью оптических пирометров, установленных на корпусе печи, посередине шлакового, штейнового расплавов и на уровне летки выпуска черного свинца. Результаты разовых замеров температуры шлакового расплава в печи показали, что она сильно завышена и составляет ~1340°С. Также сильно завышены температуры штейна и черного свинца, которые составляют 1000°С и 700°С соответственно. Повышенные температуры продуктов плавки оказывают существенное воздействие на условия труда рабочего персонала.

В результате проведенных расчетов в работе установлен оптимальный состав шлака: 21 % CaO, 30 % SiO<sub>2</sub> и 24 % Fe<sub>общ.</sub>, обеспечивающий снижение температуры шлакового расплава с 1579 К до 1528 К. Это достигнуто путем корректировки состава исходной шихты за счет вывода из её состава конвертерного шлака. Обеспечение этих условий дает возможность поддерживать оптимальные содержания меди, свинца и мышьяка в получаемых продуктах плавки, при которых достигаются нормальные условия труда рабочего персонала.

Оптимизация технологических параметров одновременно обеспечивает и высокое селективное извлечение меди и свинца в целевые продукты: извлечение меди в штейн повышается с 83 % до 96,6 %; извлечение свинца в черновой свинец повышается до 60 %, против 45 %, а мышьяка в пыль - достигает 76 %, против 43 %, получаемых при существующей технологии.

Принципиальная схема конечной технолого-аналитической модели контроля и регулирования технологическими параметрами процесса с целью его оптимизации представлена на рисунке 3. В разработанной модели предусмотрен блок статистической информации исходных технологических показателей процесса и параметры условий труда. В состав блока входит: база данных исходной статистической информации и параметры условий труда; база сравнительного анализа результатов и справочный модуль.

База данных исходной статистической информации и параметров условий труда включает в себя сбор статистической информации исходных данных, проведение анализа и первичную их обработку. База оснащена специальным хранилищем, где хранятся данные параметров условий труда, применительно к процессу шахтной сократительной плавки. Такой подход позволяет проводить

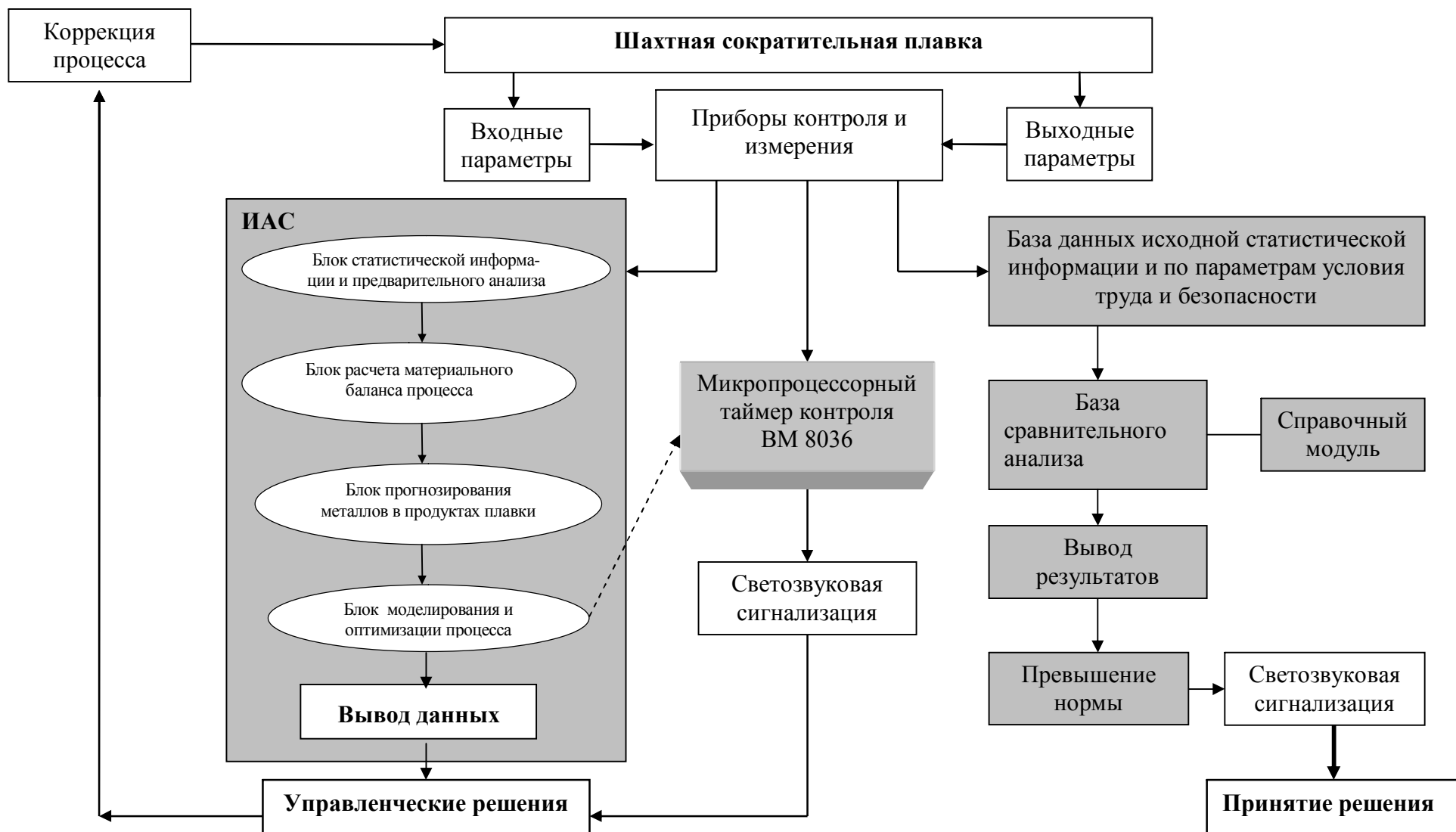


Рисунок 3 – Схема эффективной технолого-аналитической модели процесса шахтной сократительной плавки

оценку влияния на условия труда рабочего персонала тех критических значений технологических параметров, которые выходят за рамки математической обработки при сортировке промышленного массива и не участвуют при дальнейшем анализе и расчетах, как это принято в информационно-аналитической системе при определении оптимальных параметров процесса. В металлургической практике такие всплески составов продуктов плавки (критические точки) могут образовываться в результате залповых неучтенных выбросов - при загрузке влажной шихты, в процессе нарушения технологического режима (повышение значений температуры и парциального давления кислорода и др.). В результате математической обработки промышленных данных с участием критических точек можно определить содержание и количество вредных веществ, концентрирующихся в получаемых продуктах плавки. Количественное соотношение полученных при этом результатов с параметрами условий труда позволит проводить оперативную оценку уровня нагрузки вредных веществ на рабочий персонал в динамике, класс их опасности и принимать необходимые меры и решения для устранения негативных последствий. В качестве принимаемых мер могут быть, как коррекция технологических параметров процесса, так и меры по изменению количества вентилируемого воздуха в рабочее помещение.

База сравнительного анализа предназначена для оценки полученных результатов по концентрациям меди, свинца, мышьяка и сурьмы в атмосфере цеха и продуктах плавки с их нормативными значениями по ПДК и санитарными нормами микроклимата. Для этого база снабжена справочным модулем, где хранятся данные по физико-химическим свойствам и ПДК вредных веществ и их соединений, характерных для свинцового производства. При превышении значений концентраций меди, свинца и мышьяка в атмосфере рабочей зоны срабатывает светозвуковая сигнализация, оповещающая о необходимости принятия экстренных мер по предотвращению наблюдаемых отрицательных отклонений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертационной работе научно обоснованы и показаны пути улучшения условий труда процесса шахтной сократительной плавки, как одном из объектов, представляющих наибольшую степень риска. Решение поставленной задачи осуществлено на основании комплексных исследований включающий анализ и выявление опасных производственных факторов влияющих на условия труда и здоровье рабочего персонала, а также изыскание путей повышения технологического-экономических показателей процесса. В процессе проведенных исследований основной упор был сделан на определение воздействия технологических параметров процесса на условия труда и здоровье рабочего персонала. Изучено влияние составов исходных и получаемых продуктов плавки, температуры плавки, количественных соотношений входных и выходных материальных потоков, содержания и количества в них меди, свинца, мышьяка и их соединений.

На основании проведенных исследований и полученных результатов разработана эффективная технологическо-аналитическая модель, обеспечивающая

улучшение условий труда и повышение технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки путем контроля, регулирования и стабилизации его технологических параметров. В процессе разработки данной модели получены новые научные данные, суть которых заключается в следующем.

1. Впервые научно обоснованы и разработаны принципы построения эффективной технолого-аналитической модели, обеспечивающей улучшение условий труда и повышения технолого-экономических показателей процесса шахтной сократительной плавки путем контроля, регулирования и управления входными и выходными технологическими параметрами процесса. Разработанный состав и структуру модели можно применять и к другим объектам свинцового производства с учетом их специфики.

2. Установлены закономерности распределения меди, свинца, мышьяка и сурьмы в исходной шихте и получаемых продуктах плавки. Построены математические модели, позволяющие прогнозировать конечные содержания меди, свинца и мышьяка в шлаках в зависимости от составов штейна, шлака, температуры и парциального давления кислорода.

3. Для определения оптимальных значений входных и выходных технологических параметров процесса, обеспечивающих нормальные условия труда в процессе шахтной сократительной плавки, проведено математическое моделирование процесса шахтной сократительной плавки. Определены оптимальные значения выходных параметров меди, свинца и мышьяка в получаемых продуктах плавки – штейне, шлаке, пыли и черновом свинце. Установлен оптимальный состав шлака - 21% CaO, 30 % SiO<sub>2</sub> и 24 % Fe<sub>общ.</sub>, обеспечивающийся за счет снижения температуры шлакового расплава с 1579 К до 1528 К. Обеспечение этих условий дает возможность поддерживать оптимальные содержания меди, свинца и мышьяка в получаемых продуктах плавки, при которых достигаются нормальные условия труда рабочего персонала. Оптимизация технологических параметров одновременно обеспечивает и высокое селективное извлечение меди и свинца в целевые продукты: извлечение меди в штейн повышается с 83 % до 96,6 %; извлечение свинца в черновой свинец повышается до 60 %, против 45 %, а мышьяка в пыль - достигает 76 %, против 43 %, получаемых по существующей технологии.

4. Впервые для шахтной сократительной плавки разработана схема оперативного контроля и регулирования входных и выходных параметров процесса с помощью приборов и технических средств нового поколения (рентгенофлуорисцентный прибор РЛП – 21 Т, оптический пирометр Raytek Ranger 3i, многофункциональный микропроцессорный таймер контроля ВМ 8036).

5. Для оперативного управления процессом в работе впервые разработана и построена информационно-аналитическая система, которая в совокупности с разработанной схемой оперативного контроля и регулирования технологических параметров, составляет фундаментальную основу общей эффективной технолого-информационной модели. Система последовательно, в единой цепи, проводит все необходимые математические расчеты и определяет оптимальные значения технологических параметров, которые обеспечивают нормальные ус-



ловия труда, и выдает конечные результаты на пульт управления конечной технологического-аналитической модели.

6. Годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологического-аналитической модели составляет 5 116 704,5 долл. США.

7. Разработанные в работе принципы построения количественных математических моделей и математического моделирования, используются в учебных процессах:

– кафедры «Металлургия цветных и черных металлов им.И.А.Онаева» КазНТУ им.К.И.Сатпаева при проведении занятий по курсам «Металлургия свинца и цинка», «Переработка техногенного и вторичного сырья»;

– кафедры «Компьютерные технологии» АИЭС при проведении практических и лабораторных занятий по курсу «Использование информационных технологий в промышленных предприятиях».

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1 Досмухамедов Н.К., Меркулова В.П., Сатимова Е.Г., Даулетбаков Т.С., Калмукамбетов А.О. Переработка промышленных отходов и повышение экологической безопасности производства // Промышленность Казахстана. – 2009. – № 6(57). – С. 30-33.

2 Сатимова Е.Г. Утилизация и переработка отходов цветной металлургии // Образование и наука без границ: тр. Междунар. конф. – Прага, 2009. – Т. 17. – С. 51-53.

3 Сатимова Е.Г. Операционные системы: LINUX. Решение задач структурной и функциональной организации. Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2009. – 174 с.

4 Досмухамедов Н.К., Меркулова В.П., Даулетбаков Т.С., Сатимова Е.Г. Условия поддержки экологической безопасности: Утилизация и переработка отходов. – Поиск-Ізденіс. – 2010. – №1. – С. 90-94.

5 Досмухамедов Н.К., Даулетбаков Т.С., Сатимова Е.Г. Количественный анализ меди, свинца и мышьяка в продуктах шахтной сократительной плавки // Научный прогресс на рубеже тысячелетий: тр. Междунар. конф. – 2010. – Т. 26. – С. 3-6.

6 Сатимова Е.Г., Попенкова Е.А. Применение новых информационных технологий виртуализации в образовании // Повышение качества преподавания информационных технологий в ВУЗах: пути и возможности: тр. I Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2010. – С. 253-256.

7 Досмухамедов Н.К., Сатимова Е.Г. К вопросу экологизации технологических процессов цветной металлургии // Поиск-Ізденіс. – 2010. – №1. – С. 103-110.

8 Досмухамедов Н.К., Даулетбаков Т.С., Сатимова Е.Г. Определение предельных концентраций меди, свинца и мышьяка в выбросах шахтной сократительной плавки // Актуальные проблемы современных наук: тр. Междунар. конф. – Прага, 2010. – Т. 27. – С. 47-49.

## ТҮЙІН

### САТИМОВА ЕЛЕНА ГРИГОРЬЕВНА

#### **Қорғасын өндірісіндегі шахталық қысқарта балқыту процесіндегі жұмыс орнының қауіпсіздігін ұлғайтатын эффективті моделді жасау**

05.26.01 – еңбек қорғау мамандығы

**Зерттеу өзектілігі.** Шахталық қысқарта балқыту процесінде бастапқы шикізаттың күрделі құрамына байланысты зиянды заттардың көп бөлігі алына-тын өнімдер арасында бөлініп таралады. Бұл жағдайда мыс, қорғасын, мырыш және олардың қоспаларының зиянды әсері жұмысшы ағзымына ұлғая түседі. Сондықтан белгіленген металдардың алынатын өнімдердің құрамындағы сан мөлшерін анықтау негізгі мәселелердің бірі болып саналады және де қосымша зерттеулерді жүргізуді қажет етеді.

**Зерттеу объектісі.** «Казцинк» ААҚ-ның қорғасын өндірісінің құрамына кіретін шахталық қысқарта балқыту процесі.

**Жұмыстың мақсаты.** Шахталық қысқарта балқыту процесінің және ондағы жұмыс орнының қауіпсіздігін ұлғайтатын эффективті моделді жасау.

**Зерттеу әдістері.** Жұмыста жұмысшылардың қауіпсіздік мәселесінің ше-шу түйіні кешенді ғылыми жолын қолдану арқылы процесті экологизациялау нәтижесінде шешілген. Зерттеу барысында қазіргі заманға сай физика-химия-лық және математикалық әдістер мен талдаулар кеңінен қолданылған. Матема-тикалық талдау мен есептеулер жүргізуде IT-технологиялары пайдаланылған.

**Негізгі конструктивті, технологиялық және технико-эксплуатация-лық мінездемелері:**

1) шахталық қысқарта балқыту процесіндегі сұйық балқымалардың температураларын анықтау мақсатымен шахталық пешке оптикалық Raytek Raynger 3i пирометрлері орнатылған. Пирометрлер пештегі штейн, қож және қаралы қорғасын балқымаларының орта шегіне орналастырылған;

2) сұйық балқымалардың құрамындағы жұмысшы ағзасына әсер ететін мыс, қорғасын, мырыш және олардың қосылыстарының мөлшерін жедел түрде анықтау үшін лабораторлық рентгенофлуоресценттік РЛП 21Т приборы қолда-нылған;

3) шахталық қысқарта балқыту процесі кезінде жұмыс орнының және жұмысшылардың қауіпсіздігін ұлғайту үшін процестің техникалық көрсеткіш-терін оптималдау қажет. Бұл жағдайда қождың құрамындағы CaO, SiO<sub>2</sub> және FeO мөлшері 21%, 28%, 24% болуы керек. Осы жағдайда процестің температу-расы 1340<sup>o</sup>C-дан 1200<sup>o</sup>C-ға дейін төмендеп, сұйық балқыма құрамындағы адам қауіпсіздігіне кері әсерін тигізетін мыс, қорғасын, мырыш және олардың қосы-лыстарының азайуына алып келеді;

4) шахталық қысқарта балқыту процесі кезінде жұмыс орнының және жұмысшылардың қауіпсіздігін ұлғайту үшін жұмыста құрастырылған инфор-мациялық және эффективті моделдер қолдану арқылы іске асыруға болады.

**Енгізу дәрежесі.** Зерттеу нәтижелері «Казцинк» ААҚ мен «Южполиметалл» Өндірістік Корпорациясында енгізуге ұсынылған.

**Пайдалану аймағы.** Зерттеу нәтижелері (қождың құрамындағы мыс, қорғасын және мырыш мөлшерін болжайтын математикалық моделдер, процестің техникалық параметрлерін оптималдайтын информациялық-талдау моделі, процесті қадағалауға және басқару жүйесінің сапасын жоғарлата алатын эффективті модел) технолого-техникалық жағынан жоғары деңгейде жабдықталған қорғасын өндіріс салаларына ұсынылады.

**Жұмыс нәтижелері.** Процесті оптимизациялау және жедел басқару мақсатымен жұмыста ақпараттық-аналитикалық жүйе тұңғыш рет құрастырылған. Жаңа жүйе бір-бірімен тығыз байланысқан әр блоктың математикалық есептеулері мен талдауларын кезекпен өткізіп алынған нәтижелердің қорытындыларын басқару пультіне жібереді.

Шахталық қысқарта балқыту процесі үшін тұңғыш рет өңдеуге түсетін және алынатын балқымалардың құрамын, температурлық режимдерін анықтайтын жедел бақылау мен реттеудің сұлбасы игерілген. Балқымалардың құрамындағы мыстың, қорғасынның және мырыштың мөлшерін жедел анықтау үшін рентгенофлуорисценттік РЛП-21Т приборы қолданылған. Сұйық өнімдердің температуралары оптикалық Raytek Ranger 3i пирометрінің көмегімен анықталған. Өлшенген параметрлердің көрсеткіштерін бақылау және реттеу көпфункционалды 8036 VM микропроцессорлық таймердің көмегімен іске асқан.

Тиімді технолого-ақпараттық модельдің құрамына бастапқы статистикалық мәліметтерді өңдеу және қауіпсіздік шарттарының параметрлері бойынша үлгілерін анықтайтын блок енгізілген. Мыс, қорғасын, мырыш және олардың қоспаларының процестен алынған сұйық балқымалардағы мөлшерлерін нормативтік көрсеткіштерімен салыстыру үшін блокқа анықтама блогы қосылып тіркелген. Аталмыш заттардың мөлшерлері нормативтік көрсеткіштерінен ауытқан кезінде жарық және дыбыс беретін прибор белгі береді. Бұл жағдайда қауіпсіздікті сақтау мақсатымен жедел шешім қабылданады.

**Экономикалық тиімділігі.** Жұмыста құрастырылған тиімді технолого-аналитикалық модельді қолданып, процестің технологиялық параметрлерін оптимизациялау және бақылау арқылы тәулігіне қосымша 2,233 т мыс, 0,267 т қорғасын алуға болады. Моделді өндіріске енгізген кездегі процестің жылдық экономикалық тиімділігі 5 116 704 АҚШ долларын құрайды.

**Зерттеу объектісін дамыту туралы болжамдық ұсыныстар:**

Жұмыста құрастырылған тиімді технолого-аналитикалық модель жұмысшылардың қауіпсіздігін әлде қайда жоғарлатады. Модельдің құрамына кіретін әрбір блогының мүмкіншіліктері көп. Мысалы, әр блокты төтенше жағдайлар жөніндегі мәліметтермен немесе ортаны қоршау жөніндегі нормативтік көрсеткіштермен жабдықтайтын болсақ, онда жалпы модель процестің осы айтылған мәселелерге тигізетін әсерін болжай алады. Сонымен қатар жаңа модельдің ғылыми негіздерін басқа да металлургиялық процестерге қолдануға болады.

## RESUME

SATIMOVA YELENA GRIGORIEVNA

### **Working out of effective model of improvements of working conditions and safety of process mine reduce fusion of lead manufacture**

05.26.01 – a labour safety

**Urgency of researches.** In the process of mine reduction swimming trunks at processing difficult on structure of initial raw materials, the significant amount of harmful substances is distributed between fusion products. Negative influence of such metals as copper, lead, arsenic and their connections on working conditions and safety of the working personnel thus increases. Therefore studying of a quantitative parity of the specified metals and an establishment of their limiting concentration in products of fusion demands carrying out of additional researches.

**Object of research** are process mine reduction fusion of lead manufacture Open Joint-stock company "Kazzinc".

**The work purpose** is improvement of working conditions and safety mine reduction swimming trunks by working out of effective tehnologo-analytical model of management by process. The subject of research is to improve working conditions and safety of workers and optimization of process parameters.

**Research method.** In work the complex scientific approach uniting the decision of a question of improvement of working conditions and safety of the working personnel by ecology of process is used. Modern physical and chemical and mathematical methods of research and the analysis with application of IT technologies are widely used.

#### **Research problems:**

- The analysis of dangerous production factors is carried out and the decisions providing safety of process are developed;
- Distribution of harmful substances between products of fusion is studied and the reasons and the factors influencing redistribution of copper, lead, arsenic and antimony between fusion products are established;
- Dynamics of a quantitative parity of harmful substances between entrance and target material streams is investigated;
- Mathematical modelling of process mine reduction swimming trunks for the purpose of definition of optimum values of copper, lead, arsenic and their connections in fusion products is studied;
- The estimation of influence of the harmful substances concentrating in штейне, slag and a dust on a condition of working conditions and safety of the working personnel is spent;
- The mathematical models allowing operatively to supervise and regulate the maintenance of copper, lead and arsenic in slags are constructed;

- The information-analytical model of the operative control of technological parameters of process is developed;
- The effective model of the control and regulation by the technological process, providing improvement of working conditions and safety mine contractile swimming trunks is developed.

**Introduction degree.** An effective techno-analytical model used in the learning process in the workplace and provides better working conditions, safety and tech-economic indicators of mine contractile melting.

**Results of work.** For efficient management of the work of the first designed and built information-analytical system, which is the scientific basis for the common good techno-information model and allows consistently in the chain to hold all the necessary mathematical calculations with the conclusion of the final data on the control panel.

For the first time mine contractile fusion scheme of operational control and management of input and output parameters of the process. Operational control of the content of copper, lead and arsenic in the starting material and the fusion products by using X-ray laboratory instrument SFM - 21 T. Measurements of the temperature of liquid smelting products - slag melt, matte and lead bullion, carried out an optical pyrometer Raytek Ranger 3i high accuracy. The regulation of these parameters by using a multifunctional microprocessor timer control BM 8036.

For the rapid identification of concentrations of copper, lead, arsenic in the atmosphere of the working area of the plant an effective techno-information model included block the initial process of statistical information and the parameters of working conditions and safety. For a comparative analysis of current results on the content of copper, lead, arsenic and other metals and their compounds in the products of melting of similar regulations of their data on MPC uses a background module.

**Economic efficiency.** Using an effective techno-analytical model in the shaft of contractile fusion will provide an opportunity for an additional 2,233 tons of copper and 0.267 tons of lead per day. This annual economic effect from introduction of the model is 5,116 704.5 USD.

**Look-ahead offers on development of object of research:** Developed techno-analytical model of effective management of mine contractile melting, which includes a comprehensive study of the effect of technological and research input and output process parameters, can significantly improve working conditions and safety of workers. Despite the complete solution of the problem and achieve the main objective, technological and analytical model is constructed in such a way that each key system, a part of it, has branched chain, to expand its borders. The boundaries of possible models can be enhanced through the development and add to it additional units or databases that are relevant to the process of mine contractile melting. For example, in the composition of the developed model can be developed and include a block or a database to monitor and prevent the negative effects that lead to emergency situations.

The structure of the techno-analytical model sufficiently universal and can be used to optimize the technological parameters of any metallurgical process.

Подписано в печать «26» июля 2010  
Формат 60x84 1/16. Бумага ксероксная  
Объем 1,0 печ. л. Тираж 100 экз.

---

Издание Казахского национального технического  
университета имени К.И. Сатпаева  
Издательский центр КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, ул. Ладыгина, 32