

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»)**

664074 Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 83
телефон: +7(3952)405-000, факс: +7(3952)405-100

E-mail: info@istu.edu

ОКПО 02068249, ОГРН 1023801756120

ИНН/КПП 3812014066/381201001

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Ректора ФГБОУ ВО

«ИРНИТУ»

Смирнов В.В.

«28» октября 2024 г.

на № _____ № _____
от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический
университет» на диссертацию

Ступаковой Екатерины Владимировны

«Анализ и совершенствование операций сокращения и схем подготовки
проб на обогатительных фабриках»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в России большое внимание уделяется вопросам достоверности результатов количественного и качественного учета характеристик исходного сырья и получаемых в результате его обогащения продуктов. В связи с этим возрастает значение операций опробования и контроля технологических процессов на обогатительных фабриках.

Поскольку результаты опробования являются основными оперативными показателями в работе технологического и управленческого персонала обогатительной фабрики, уверенность в достоверности данных значений позволяет своевременно контролировать технологический процесс и осуществлять операции взаиморасчета между потребителями и поставщиками. Учитывая, что на обогатительных фабриках сложились традиционные и достаточно сложные схемы контроля качества руды и продуктов обогащения, отобранные объединенные пробы подлежат сложной схеме обработки с целью выделения из них лабораторных проб для последующего определения химического состава. При этом надо учитывать, что подготовка проб производится по заранее составленным,

005777

применительно к условиям фабрики схемам, которые имеют определенные погрешности.

Следует отметить, что теория и практика опробования находятся в постоянном развитии и имеют два четко выраженных направления определения случайной погрешности: экспериментальное и аналитическое.

Экспериментальное направление регламентируется государственными и международными стандартами, в которых предусмотрено выполнение экспериментов на основе дисперсионного анализа.

Аналитическое направление характеризуется наличием формул для расчета случайной погрешности опробования, которые появились в восьмидесятих годах XX века и отражены в работах Пьера Жи и Козина В.З.

В связи с этим, актуальность данной работы не вызывает сомнения, поскольку изучение особенностей применения в опробовании статистических схем определения случайных погрешностей и развитие формул расчета случайной погрешности опробования для анализа и совершенствования схем подготовки проб, позволит увеличить достоверность полученных результатов опробования.

2. Структура и содержание работы

Работа представлена на 163 страницах машинописного текста, включая 32 таблицы, 40 рисунков и 2 приложения. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 76 наименований. Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет».

В разделе «**Введение**» приведено обоснование актуальности темы исследований, сформулированы задачи, цель и идея исследований, обоснованы научная новизна и практическое значение работы, представлены методы исследований, а также сведения об апробации работы и о публикациях автора.

В **первой главе** представлена общая схема опробования в виде многооперационной технологической процедуры, выполнен анализ экспериментальных методов определения случайной погрешности сокращения проб и рассмотрены подходы к получению формул погрешности опробования, сформулированы задачи исследования.

Обосновано, что экспериментальные методы определения погрешности опробования, основанные на использовании дисперсионного анализа при небольшом числе параллельных проб (в пределах использования дубликатного опробования), дают оценку погрешности опробования с большой погрешностью. Получаемые значения погрешности характеризуют результат опробования целиком, и при любых изменениях параметров опробования необходимо повторять экспериментальную работу.

Показано, что использование аналитических формул для анализа и совершенствования операций подготовки проб требует измерения различных величин и знания отдельных коэффициентов. Их получение

требует в каждом отдельном случае дополнительных измерений или учёта условий выполнения операций. В связи с этим необходимо совершенствование формул как с учётом различных условий опробования, так и формулировки методических условий измерений, либо получения необходимых для расчёта данных.

Во **второй главе** представлены результаты анализа эффективности экспериментальных способов определения погрешности опробования. Установлено, что экспериментальные способы определения случайных погрешностей операций сокращения при практически назначаемых количествах параллельных опытов неэффективны. Они приводят к занижению результата до 20 %, а также к получению отрицательной дисперсии при расчете случайной погрешности сокращения по разности дисперсий.

Проведена непосредственная проверка качества экспериментальных определений с помощью опорных значений, установленных при аттестации методик анализа границы случайных погрешностей. При обобщении опорных значений, полученных во многих лабораториях в виде функций от массовой доли, введено понятие «опорная зависимость». *Опорная зависимость* – это установленная связь предела случайной погрешности и массовой доли компонента.

Опорные зависимости позволяют показать недостатки дисперсионного анализа, и в тоже время определить погрешность неоднородности навески, т.е. погрешность опробования. Сопоставление погрешностей, оцениваемых по опорным зависимостям и полученных по дисперсионному анализу показало существенное (в несколько раз) занижение последних.

В **третьей главе** рассмотрены возможности расчётных способов определения случайных погрешностей опробования. Сравнительный анализ формулы погрешности опробования показал различие эвристического и аналитического подхода к её получению.

Проведенный соискателем структурный анализ эвристической и аналитической формул показал, что они структурно близки и устанавливают зависимость погрешности опробования от массы пробы, крупности и свойств частиц опробуемого материала.

В представленной работе выполнено развитие аналитической формулы погрешности опробования: учтена нелинейность кумулятивной характеристики гранулометрического состава, учтена ограниченность классов крупности в случае, если проба представлена материалом из которого отсеян какой-либо класс, определен коэффициент формы руд, проведены экспериментальные работы по установлению значений коэффициента качества перемешивания материала пробы. Граничное значение крупности материала навесок для случая, если в пробе присутствуют ковкие зерна, предложено учитывать крупностью d_{99} .

Показано, что расчеты показателей в аналитической формуле являются обоснованными и могут быть экспериментально определены при практическом применении формулы.

В **четвертой главе** предложена методология расчета и совершенствования схем подготовки проб. Представлены результаты использования расчетной формулы погрешности опробования в практике работы обогатительных фабрик.

Практическое применение методологии рассмотрено на схемах подготовки оловянной руды крупностью 80 мм и 10 мм. Изменения в схемах внесены, не выходя за пределы возможностей имеющегося оборудования, и позволили сократить погрешность в схемах подготовки в 1,5-2 раза. Оптимизированные схемы приняты в практику работы ООО «Правоурмийское».

Практическое применение формулы погрешности опробования рассмотрено при проведении работ по оценке однородности материала стандартных образцов предприятия. Показано, что расчёт случайной погрешности отбора навесок для анализа по формуле, полученной на основе опорной зависимости, даёт границы случайных погрешностей, соответствующие погрешностям пробирного анализа, и позволяет сократить затраты на разработку стандартных образцов. Полученные формулы используются в АО «Иргиредмет» при исследованиях однородности материалов руд и продуктов переработки.

В **заключении** приведены краткие результаты проведенных исследований.

Приложения содержат сопутствующие расчетные данные, а также справки о практическом применении результатов диссертационной работы.

3. Научная новизна диссертации

Выполнено развитие аналитической формулы погрешности опробования, учитывающей нелинейность кумулятивной характеристики гранулометрического состава пробы, узость используемого класса крупности и величину максимального размера куска, позволяющей поэтапно анализировать, разрабатывать и совершенствовать схемы подготовки проб.

Введено понятие «опорная зависимость», что может служить основой получения формул для оценки неоднородности проб при подготовке стандартных образцов предприятия.

К новым научным результатам следует отнести:

- уточненные значения коэффициентов формулы погрешности опробования, учитывающие особенности опробуемого продукта;
- методологию анализа и совершенствования схем подготовки проб на основе формулы погрешности опробования;
- предложенный способ расчета случайной погрешности стандартных образцов предприятия на основе опорной зависимости.

4. Практическая значимость работы

На основании результатов экспериментальных исследований и развитии аналитической формулы погрешности результатов опробования предложена методология анализа и совершенствования схем подготовки проб на обогатительных фабриках, а на основе опорных зависимостей получены формулы расчёта случайных погрешностей стандартных образцов предприятий состава руд и продуктов переработки.

Разработанные методические решения внедрены в практику работы ООО «Правоурмийское» и используются в АО «Иргиредмет» при исследованиях однородности материалов руд и продуктов обогащения.

5. Достоверность и апробация результатов исследований подтверждается положительными результатами выполненных исследований, согласованностью выводов теоретических и экспериментальных работ, использованием аттестованных методик при выполнении физико-химических методов анализа, применением современных средств измерений, а также математической обработкой результатов исследований с использованием пакетов прикладных компьютерных программ.

Основные положения и результаты работы докладывались на международных научно-технических конференциях, на кафедре Обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет».

6. Общая оценка диссертации, вопросы и замечания

Материал, представленный в диссертационной работе изложен научным, технически грамотным языком. Все главы последовательно связаны между собой, содержат выводы, по которым можно судить о завершении раздела и решении задач на конкретном этапе исследований. Графические и табличные материалы достаточно полно отражают полученные автором результаты. Автореферат отвечает основному содержанию работы, а поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме.

По содержанию диссертации и автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Следует пояснить почему для золота использована крупность d_{99} , а не $d_{99,99}$ по рис. 2.10, стр. 52, и практично ли использовать даже d_{99} по сравнению с d_{95} ?

2. Имеет ли практическое применение учёт узости анализируемого класса крупности? Было ли это доказано практически?

3. Возможно ли использование предлагаемой аналитической формулы для разных типов руд и продуктов обогащения?

4. Можно ли считать рекомендуемые коэффициенты формы частиц твердо установленными? Насколько коэффициент формы может изменяться и может ли быть значительно больше или меньше рекомендуемых величин?

Однако указанные замечания и вопросы не снижают ценность и общую положительную оценку диссертации.

7. Заключение

Результаты исследований **Ступаковой Е.В.** содержатся в 17 статьях, в том числе, в 11 статьях в рецензируемых научных изданиях категории К2, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Автореферат отвечает основному содержанию работы, а поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме.

Диссертация Ступаковой Е.В. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на современной научном уровне, содержит результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью для предприятий горно-металлургической промышленности, а также научно-исследовательских организаций. Результаты и выводы, представленные в диссертации, могут быть рекомендованы к использованию для совершенствования схем опробования. Это позволяет считать, что диссертация Ступаковой Е.В. соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, № 842, а ее автор - Ступакова Екатерина Владимировна - достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет». Присутствовало на заседании 15 чел., результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - 0, «воздержались» - 0, протокол заседания №2 от «25» октября 2024 г.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», д.т.н., профессор _____ Федотов Константин Вадимович

Секретарь заседания

Доцент кафедры Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», к.т.н., доцент _____ Власова Вера Викторовна

Организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет». Почтовый адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Официальный сайт: www.istu.edu

Тел. +7 (3952) 405-100, e-mail: info@istu.edu

Подпись Федотова К. В., председателя заседания заверяю

Подпись Власовой В.В., секретаря заседания заверяю

Должность _____ (подпись) ФИО

М.П.

« ____ » _____ 2024