

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук

Мамонова Сергея Владимировича

на диссертационную работу **Ступаковой Екатерины Владимировны** на тему «**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»

Актуальность темы диссертации определяется особенностями применения в опробовании статистических схем определения случайных погрешностей и развития формул расчета погрешности опробования для анализа и совершенствования схем подготовки проб.

Схемы подготовки проб для различных фабрик разрабатываются с учетом специфики опробуемых продуктов и условий выполнения работ. При этом, необходимо отметить, что подготовка проб также, как и отбор проб от различных опробуемых массивов, связана с погрешностями.

На обогатительных фабриках оценка погрешности операций опробования может проводиться экспериментально, в основном методом параллельно-дубликатного опробования и анализа проб с последующей статистической обработкой результатов анализа.

Несмотря на очевидный прогресс техники опробования, теория и практика опробования находятся в постоянном развитии. Известные формулы расчета погрешностей опробования, например формула Пьера Жи, постоянно улучшают, приспособляя их к разнообразным условиям опробования. Если условия опробования учтены, то расчет случайных погрешностей позволяет исключить из практики работы на обогатительных фабриках трудоемкие и длительные эксперименты определения статических характеристик.

Диссертационная работа, посвященная решению вопросов развития теории опробования в части возможности анализа схем подготовки проб на основе расчета случайной погрешности, является актуальной.

Основная идея диссертационной работы заключается в применении формул случайной погрешности опробования взамен статистических методов определения случайных погрешностей, в развитии формул погрешности опробования для анализа и совершенствования операций сокращения и схем подготовки проб. В соответствии с этим в диссертации решаются основные задачи:

– изучение достоинств и недостатков экспериментальных и аналитических методов определения случайных погрешностей сокращения проб при опробовании минерального сырья;

– разработка аналитического решения определения параметров формул случайных погрешностей сокращения и подготовки проб;

– разработка методики расчета случайных погрешностей сокращения и схем подготовки пробы на основе усовершенствованных формул погрешности опробования.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка используемых источников из 76 наименований и 2 приложений, содержит 163 страницы машинописного текста, 40 рисунков и 32 таблицы.

Во введении автором дано обоснование актуальности темы исследований, сформулированы задачи, цель и идея исследований, обозначены научная новизна и практическое значение работы, приведены сведения о методах исследований, апробации работы и публикациях автора.

В первой главе выполнен аналитический обзор экспериментальных методов определения случайной погрешности сокращения проб и рассмотрены подходы к получению формул погрешности опробования.

Автором проанализирована общая схема опробования, представленная в стандарте ГОСТ 14180-80, выбор которой связан с оценкой коэффициента вариации опробуемого массива на обогатительной фабрике и выбором, по этой оценке, эвристического коэффициента в формуле минимальной массы Ричардса-Чечотта, при этом случайная погрешность подготовки пробы не рассчитывается.

Рассмотрено, что отобранная начальная проба, в отличие от опробуемого массива, может быть перемешана, и тогда при сокращении случайная погрешность предопределяется неоднородностью кусков материала, которая может быть оценена экспериментально по схемам дисперсионного анализа или аналитически с помощью формул случайной погрешности опробования.

Во второй главе проведена сравнительная оценка эффективности экспериментальных способов определения погрешностей сокращения.

Показано, что к достоинствам экспериментальных методов можно отнести получение результатов с помощью проверенного в работе оборудования и возможность проверки результатов в других лабораториях, к недостаткам относится большая трудоемкость и длительность эксперимента, а главное то, что экспериментальные методы имеют собственные погрешности, зависящие от числа анализируемых проб.

Экспериментальные работы с использованием технологии подготовки материала стандартных образцов позволили выполнить десятки параллельных анализов и продемонстрировать недостатки схемы дисперсионного анализа, а именно – занижение случайных погрешностей.

В целях доказательства истинного результата оценки погрешности, получаемого по схеме дисперсионного анализа или расчетным методом в

диссертационной работе использованы значения установленных при аттестации методик анализа границы случайных погрешностей. Введено понятие «опорная зависимость» - установленная связь предела случайной погрешности и массовой доли компонента. Опорные зависимости позволили показать недостатки дисперсионного анализа, зависящие от числа анализируемых проб.

Экспериментально подтверждена возможность применения формул расчета случайной погрешности сокращения на пробах с маркерами – искусственно введенными в опробуемый материал частицами, позволяющими извлекать эти частицы из проб, что позволило определить погрешность сокращения отдельно от погрешности анализа.

В третьей главе выполнен анализ эффективности расчетных формул погрешности опробования. Рассмотрены возможности расчетных способов определения случайной погрешности опробования.

Показано, что эвристическая и аналитическая формулы структурно близки, различие формул состоит в специфике учета свойств опробуемого продукта и условий выполнения опробования, а также в аналитическом выводе коэффициентов. Основным условием использования формул – это идеальное перемешивание пробы.

Непосредственными экспериментами на пробах дробленного кварца с маркерами (стеклянные бусины) получен коэффициент качества перемешивания $K_{и} = 1,3$ и $K_{и} = 2,0$ с маркерами из магнетита той же крупности, что и материал пробы.

Обоснованы коэффициенты аналитической формулы случайной погрешности опробования. Учет гранулометрического состава в формуле состоит в расчете коэффициента k_d , коэффициент узости класса крупности получен в виде функции от минимального значения крупности, учитываемого в расчете. Получены значения коэффициента формы $-f$, для руд, не содержащих ковких включений, его величина составляет 0,32-0,33, а для продуктов, содержащих ковкие включения - 0,13-0,17.

Представлены результаты экспериментального сравнения расчетного и экспериментального методов определения погрешности опробования на примере определения неоднородности для 18 стандартных образцов. Показано, что экспериментальные методы позволяют получить результат, совпадающий с опорной зависимостью, только в случае выполнения сотен параллельных опытов. Расчетный метод позволяет получить результат, соответствующий опорной зависимости, непосредственно после измерения входящих в формулу величин, прежде всего крупности, массы и массовой доли.

В четвертой главе получена формула расчета погрешности схемы подготовки проб, включающая две группы слагаемых (для сростков и раскрытых зерен) и состоящая из определенного числа операций сокращения, при этом все

постоянные величины для рассматриваемой схемы включены в коэффициент схемы - K_c . Показано, что изменяя параметры схемы (число стадий, крупность и масса пробы) в технологически допустимых пределах, находят сочетания параметров, обеспечивающее наименьшую погрешность. Таким образом, с использованием формул на основе покусковых коэффициентов вариации разработана методология расчета и совершенствования схем подготовки проб.

Представлен пример использования предлагаемой аналитической формулы случайной погрешности для анализа технологии опробования для медно-цинковой обогатительной фабрики для трех точек опробования: руда, концентрат и хвосты. Предлагаемая в данном примере методика расчета случайной погрешности позволяет охватить расчетом всю технологию опробования и целенаправленно менять параметры технологии опробования конкретного продукта.

Предложено использовать опорные зависимости для получения коэффициентов формулы погрешности при оценке неоднородности стандартных образцов. Экспериментальные по ГОСТ 8.531 и по расчетным формулам результаты получены для материала пяти стандартных образцов золотосодержащих руд. Показано, что экспериментальные значения неоднородности занижены, в связи с особенностями схемы дисперсионного анализа при которой получают ограниченное количество результатов анализа. Экономическая оценка применения формулы случайной погрешности опробования представлена расчетом ожидаемого годового экономического эффекта для оценки однородности 40 стандартных образцов, которая составила 9,6 млн. руб.

В заключении сокращенно представлены результаты исследований, полученные в диссертационной работе.

В приложениях представлены сопутствующие расчетные данные и справки внедрения результатов исследований в производственные и научно-исследовательские процессы.

Научные положения, сформулированные в работе, характеризуются научной новизной, имеют существенное практическое значение и аргументировано доказаны.

Новыми научными результатами работы (новизна), полученными автором, являются:

- уточненные значения коэффициентов формулы погрешности опробования;
- методология анализа и совершенствования схем подготовки проб на основе формулы погрешности опробования;
- способ расчета случайной погрешности стандартных образцов предприятия на основе опорной зависимости.

Значимость выводов и рекомендаций диссертации для науки и практики заключаются в разработке методического решения для расчета схем

подготовки проб минерального сырья, а также в использовании опорных зависимостей при оценке показателя однородности стандартных образцов предприятия, которые практически применены АО «Иргиредмет» и ООО «Правоурмийское».

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в качестве методической основы при разработке нормативно-технической документации, устанавливающей требования к подготовке руд и продуктов их переработки.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждается положительными результатами выполненных исследований, расчетными данными на конкретных примерах, согласованностью выводов теоретических и экспериментальных работ, использованием аттестованных методик измерений при выполнении физико-химических методов анализа.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 17 научных работ, в том числе в 11 статьях в рецензируемых научных изданиях категории К2, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Апробация результатов исследований.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях в период с 2019 г. по 2024 г.

Соответствие работы критериям специальности и паспорту специальности.

По своему содержанию диссертационная работа отвечает критериям специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых» и п.7 паспорта специальности «Моделирование, контроль, цифровизация, автоматизация технологических процессов обогащения, их оптимизация. Методы оптимизации проектных решений обогатительных фабрик».

Принимая во внимание актуальность темы диссертационной работы, достаточный уровень ее научной новизны и практическую значимость полученных результатов, сделано заключение о достижении автором работы заявленных целей, решений поставленных задач и доказательств научных положений.

Диссертационная работа изложена грамотным техническим языком с использованием соответствующей терминологии, принятой в системе опробования и контроля за процессами обогащения, что позволяет применять научные и практические результаты широкому кругу специалистов, работающих в области добычи и переработки полезных ископаемых.

Автореферат в достаточной степени отражает суть диссертационной работы.

Личный вклад автора в работу очевиден, а именно:

1. Обоснование цели и задач исследований, а также применяемых методик исследований.

2. Выполнение экспериментов по оценке однородности руд и продуктов их переработки на основе технологии подготовки стандартных образцов.

3. Практическая апробация результатов исследований, а также в обобщении полученных результатов и формулировании выводов.

4. Внедрение результатов работы в интересах научно-исследовательской организации и горно-обогатительного предприятия.

Замечания:

1. В соответствии с ГОСТ 2.105-2019 пояснение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы должны быть приведены непосредственно под формулой или в тексте перед формулой. Данное требование в работе применено не для всех приведённых формул (например, формулы (1.1), (1.2), (1.3), (1.4) и др.).

2. В работе не объяснено почему невозможно полностью устранить случайную погрешность и какими способами можно её уменьшить.

3. Какой практический смысл имеет покусковая дисперсия? Можно ли её получить экспериментально? Каким образом это понятие распространяется на реальную пробу, которая состоит из кусков разного размера?

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?

5. В России погрешность опробования продукции оценивается в соответствии с методическими рекомендациями ГОСТ 14180-80. С развитием теории опробования, в том числе и рассматриваемой в диссертационной работе, а также с учетом развития техники для опробования, хотелось бы услышать от автора рекомендации по совершенствованию ГОСТ 14180-80.

Заключение.

Диссертация Ступаковой Екатерины Владимировны соответствует специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых» имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные решения по развитию теории опробования, в частности обоснованы возможности применения аналитической формулы случайной погрешности для анализа одной из стадий опробования - подготовки проб.

Полученные результаты имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы и подтверждены расчетами конкретных примеров.

Основные положения диссертационной работы и ее результаты прошли апробацию в виде докладов международных конференций и опубликованы в период 2018-2024 годы в 17 научных работах, в том числе в 11 статьях в рецензируемых научных изданиях категории К», входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Указанные в отзыве замечания имеют характер обсуждения и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, при этом, не подвергая сомнению научную ценность выполненной работы и ее неоспоримую практическую значимость.

Диссертация соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор, **Ступакова Екатерина Владимировна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых».

Официальный оппонент
кандидат технических наук по специальности
2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых,
заведующий отделом обогащения (наука)

« 01 » 11 2024 г.

Мамонов Сергей Владимирович

Акционерное общество «Уралмеханобр» (АО «Уралмеханобр»), 620144,
г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 87, тел: (343) 344-27-42, e-mail: umbr@umbr.ru

Я, Мамонов Сергей Владимирович, даю согласие на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации, исходя из нормативных документов Минобрнауки и высшей аттестационной комиссии РФ, в том числе их размещению в сети Интернет, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Подпись Мамонова Сергея Владимировича удостоверяю
Заместитель генерального директора
по персоналу и общим вопросам

_____ Садовенко Дмитрий Владимирович
« 01 » 11 2024 г.