Заключение

В результате проведенного исследования, разработан алгоритм проведения анализа безопасности и эффективности функционирования технологических процессов, располагающихся внутри мобильных блоков.

Из проведенных расчетов следует, что безопасная концентрация горючего вещества в объеме технологического помещения составляет 3,69 % об. На эту величину необходимо ориентироваться системам автоматики.

Определено время наступления предельно-допустимой концентрации загрязнителя, которое составило 160 с. Показано, что кратность воздухообмена 0,5 будет достаточной данного объекта.

Список использованных источников

1. Красных Б.А., Мартынюк В.Ф., Сергиенко Т.С., Сорокин А.А., Феоктистов А.А., Нечаев А.С. Анализ аварий и несчастных случаев на объектах газового надзора – М.: ООО «Анализ опасностей»–2003– 320с.
2. Аванесов В.С., Александров А.Б., Александров А.И. и др. Анализ аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России – М.: ООО «Анализ опасностей»–2002– 309 с.
3. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ. Анализ и предсказание. Приложение 2. Справочные данные о пожарной опасности веществ и материалов– М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России–2007 — 640 с.
4. Зеркалов Д.В., Луц Т.Е. Промышленная безопасность. ССБТ. (Электронный ресурс) Справочное пособие. В трех книгах. Кн. 3–К.: Основа–2012 – 240 с
5. Дефлекторы и их соответствующий выбор для правильного функционирования естественной вентиляции в зданиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.climatspb.ru/?node_id=824 (дата обращения 1.07.2015)
6. BZDReferat [Электронный ресурс] Охрана труда, ее название и содержание – Режим доступа: http://www.refbzd.ru/viewreferat-1818-2.html (дата обращения 1.07.2015)

МЕТОДЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ МНОГООБРАЗИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Баранов В.А., Эверт У.[1]
Томский политехнический университет
[1]Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Берлин, Германия

Математические методы современного неразрушающего контроля (НК) это, главным образом, методы реконструктивной вычислительной диагностики (РВД). Потребность в решении обратных реконструктивных задач велика и, как правило, они являются “некорректно-поставленными”. Что же касается НК, в нем обратные задачи с острой некорректностью преобладают. Объект контроля (ОК) нередко предельно зашумлен, кроме того он сложен т.е. представляет собой собой своеобразную “смесь” многих аспектов (“смыслов”) [1–4]. В этом случае говорят, что для объекта характерен широкий “семантичесий спектр” [2]. Контроль обычно “узко направлен” т.е. в данном “спектре” с прагматической точки зрения интересен какой-то один определенный “смысл”. Для дефектоскописта, например, это наличие в ОК дефектов [4]. Все остальные “смыслы” представлят собой “семантические помехи”, от которых необходимо “отстроиться”. Борьба с такого рода помехами значительно труднее, чем с обычными “стохастическими шумами”. Соответствующие методы фильтрации (изображений, многомерных изображений, сигналов) плохо разработаны, строго говоря, до последнего времени их просто не существовало. Между тем, они существенны для любой реконструкции. Авторами разработаны унифицированные теоретико-групповые статистические методы для решения данного класса проблем [1–5]. Несмотря на то, что они уже публиковались, необходимо более полное и систематическое их изложение. В данной работе рассмотрены те аспекты теоретико-групповых статистических методов, которые основаны на концепции “геометрии в малом” [1,2].

Математические предпосылки теоретико-групповых реконструктивных методов

Предложенные методы реконструкции построены на геометриях картановского типа (т.н. *геометриях группы* G), преобразованных авторами в теоретико-групповые статистические модели. Осуществляя теоретико-групповую классификацию разнородных геометрий, Ф. Клейн в “Эрлангенской программе” (1873) ставил следующую задачу: “Имеется многообразие и заданная в нем группа преобразований; требуется найти в многообразии те принадлежащие ему структуры, свойства которых при преобразованиях из данной группы не меняются”. И еще одна задача “Имеется многообразие и заданная в нем группа преобразований. Развивают соответствующую данной группе теорию инвариантов”. Наиболее последовательно эти установки стали реализоваться начиная с 20-хх гг. ХХ-го столетия, в особенности в цикле работ Э.Картана 1922-1925 гг. Этим исследованиям способствовало еще и то обстоятельство, что за прошедшие полвека обнаружились недостатки и в самом подходе Клейна к классификации многообразий, (Некоторые из римановых пространств обладают лишь тривиальной группой движений). Определенная узость точки зрения Клейна была преодолена Картаном, развившим понятие о таком пространстве, в котором теоретико-групповые преобразования задаются лишь в бесконечно малых областях. Т.н. G-пространство Клейна (т.е. множество M вместе с действующей на нем группой преобразований G) было Картаном модифицировано следующим образом. Пусть для некоторого многообразия M задана некоторая “локальная группа” G отображений, иначе говоря, совокупность отображений областей этого многообразия на себя и на соседние области, удовлетворяющая аксиомам теории групп. Тогда некоторый геометрический образ α в M называется *эквивалентным* геометрическому образу β, если в группе G существует оператор, переводящий α в β. Всю систему возможных высказываний о таких свойствах геометрических образов (и о таких величинах), которые являются инвариантными относительно всех преобразований группы G называют *геометрией группы* G.

Реконструктивная задача в рамках “геометрии в малом”

В предварительной (нестатистической) постановке реконструктивной задачи [1] объект реконструкции т.е. изображение (которое, должно адекватно описывать какой-то существенный аспект объекта контроля) рассматривается как гладкое дифференциально-геометрическое многообразие μ в некотором конфигурационном пространстве S_C размерности Λ. В этом случае для него справедливы соображения “геометрии в малом” и возникает возможность исследовать его путем проверки теоретико-групповых гипотез. Проверяется “нулевая” гипотеза, является ли некоторая группа Ли L_S локальной группой автоморфизмов для данного многообразия в точке с координатами $\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda$ элемента изображения в S_C. (Иначе говоря – является ли геометрия многообразие μ “в малом” геометрией группы L_S).

В качестве “исходных данных” для этой реконструктивной задачи фигурирует изображение $I_O (\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda)$ в пространстве S_C, называемое “исходным информационным образом” объекта контроля. Его структура, допускающая множество виртуальных смыслов, исследуется путем проверки теоретико-групповых гипотез о нем. В процессе исследования может выясниться, что подход к описанию I_O на основе непрерывных групп неприменим. При допущении его применимости I_O отождествляется с “гладким дифференциально-геометрическим многообразием” μ. В этом сущность “нестатистической” постановки задачи.

Теоретико-групповая трактовка фона изображения и содержательной информации

По сути дела, гипотетическая локальная группа L_S задает "фон" нового реконструируемого изображения. Вполне понятно, что изображение как содержательное сообщение не сводится к одному лишь фону и в некоторых его элементах наблюдается понижение локальной симметрии т.е в них автоморфизмы группы L_S не выполняются. Пониженная (существующая в отличие от L_S "объективно") симметрия описывается какой-то другой группой L_O . Содержательность итогового изображения достигается разницей локальных симметрий L_S и L_O. Для ее количественной оценки строится неотрицательную "мера различия" .

$$\Phi = \Phi\,(L_S\,, I_O\,, \xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda) \qquad (1)$$

При вычислении (1) каждый из операторов g из группы Ли L_S действует в заданной точке $\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda$ на I_O и, таким образом, I_O "расслаивается" на на систему "внутренних ракурсов" gI_O, рассматриваемых локально в некоторой окрестности точки $\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda$ в т.н. *касательном пространстве* к многообразию μ в данной точке . (Многообразие μ в называется *римановым*, если в каждой его точке "в малом" выполняется теорема Пифагора. В этом случае касательное пространство является евклидовым. Однако подход (1) к оценке понижения локальной симметрии адекватен и для многообразий более общей природы).

Локальная диссимметрия – индикатор содержательности изображения

Мера различия (1) предназначена для оценки выявленной в ходе исследования локальной диссимметрии. Если все локальные ракурсы равны между собой, то гипотетическая симметрия, задаваемая группой L_S, не нарушена и для оценки диссимметрии (1) предполагается $\Phi = 0$. Если хотя бы два из таких локальных ракурсов не равны между собой, то симметрия нарушена и для (1) должно выполняться неравенство $\Phi > 0$.

Таким образом, во "вторичном изображении" (1) представлены как инвариантные, так и неинвариантные (относительно L_S) свойства объекта (т.е. фон или "норма" с $\Phi = 0$ и "аномалии" с $\Phi > 0$), причем одновременное их присутствие принципиально необходимо.

Мера (1) является нелинейным функционалом исходного изображения I_O. При этом группа L_O не входит явно в (1) в качестве аргумента. Сконструировать (1) можно разными способами в зависимости от характера задачи. Самый простой из них – представить Φ квадратичным функционалом, точнее мерой типа дисперсии. Она строится обычным путем усреднения по группе L_S изображений gI_O, а затем усреднения по группе их квадратичных отклонений от среднего.

Статистический подход к оценкам локальной диссимметрии

Гипотеза о том, что исходный информационный образ I_O объекта контроля является многообразием, которое можно исследовать на основе групп Ли L_S ("в малом") становится бессмысленной при разрушениях информационного образа объекта (например, при зашумлении в измерительном тракте интроскопа). В общий шум внесут свою долю еще и помехи от вполне детерминистких структур с симметриями, отличными от L_S. Тем не менее, структурные инварианты, характеризующие фон, и структурно-функциональные связи реконструируемого аспекта объекта могут еще сохраняться в видоизмененной деградированной форме, не в бесконечно малой, а в некоторой конечной окрестности элемента разрушенного изображения объекта контроля. Дело в том, что алгебраические свойства объектов значительно устойчивее их "лежащих на поверхности" топологических свойств. Поэтому очень многие важные для практики характеристики объекта контроля успешно "переживают" умеренные катастрофы, если еще не исчерпана статистическая избыточность той "фоновой" структуры, инвариантами, которой они предполагаются. В этом случае еще не утрачены возможности различения разнообразных заложенных в объект контроля "смыслов" (аспектов реконструкции) на основе мер типа (1).

Для реконструкции существенных свойств объекта по разрушенному информационному образу объекта контроля адекватен статистический подход для проверки теоретико-групповой нулевой гипотезы в некоторой "малой", но конечной окрестности элемента исходного изображения. При этом строится мера отклонения F от условий нулевой гипотезы, аналогичная (1), но уже статистическая. Поскольку статистический метод по своей природе “выборочный”, группа L_S заменяется в F соответствующей конечной подгруппой группы L_S. Статистика F используется затем в качестве распределения яркостей итогового изображения.

Меняя ключевую группу L_S, можно выявлять другие структуры объекта контроля. На основе данного подхода разработаны алгоритмы обработки изображений, нашедшие применение в практике контроля.

Оценка структурных инвариантов объекта контроля

Важной проблемой, которая решается в рамках данного подхода, является статистическая оценка структурных инвариантов изображений путем проверки о них теоретико-групповых гипотез с ключевой группой L_S. Формирование таких оценок осуществлятся на основе исходного изображения I_O при взаимном сопоставлении его “внутренних ракурсов”, возникающих за счет преобразований из группы L_S. Пусть на исходном изображении (в данном случае на локальном микроизображении, в окрестности некоторого “центрального элемента” $\xi_{01}, \xi_{02}, \ldots \xi_{0\Lambda}$) определен функционал (в общем случае нелинейный)

$$\Psi = \Psi\,(I_O\,, \xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda) \tag{2}$$

(В частности, (2) может быть определен на каком-то подмножестве пространства микроизображения). Требуется определить, является ли (2) инвариантом относительно преобразований из группы L_S. При работе с экспериментальным материалом (т.е. с I_O) это подлежащее проверке предположение рассматривается как теоретико-групповая “нулевая гипотеза”. Для решения данной задачи представим систему оценок “внутренних ракурсов” для (2) как единство в форме

$$\Psi_L = \Psi_L\,(L_S\,, I_O\,, \xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda) \tag{3}$$

т.е. в (3) исходное микроизображение, как и в (1), сначала подвергается действию <u>всех</u> операторов g из группы Ли L_S по отдельности, и, таким образом, “расслаивается”, на “систему внутренних ракурсов” Ψ_L , а затем Ψ может быть вычислено либо непосредственно по формуле (2), либо по ее модификации, когда изображение I_O заменено нетривиальным “внутренним ракурсом” $g\, I_O$ т.е.

$$\Psi = \Psi\,(g\, I_O\,, \xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda) \tag{4}$$

“Внутренние ракурсы” $g\, I_O$ считаются эквивалентными, если для них равны оценки (2). Если <u>все</u> “ракурсы” из системы Ψ_L эквивалентны, нулевая гипотеза не отвергается.

В явно статистических моделях степень отклонения от нулевой гипотезы оценивается с использованием “мер различия”, построенных как на основе известных статистических критериев так и на основе “неклассических статистик” нелинейного обратного проецирования.

Покомпонентная проверка условий Клейна и ее алгоритмизация

Неотрицательная мера (1) является адекватным формальным критерием для покомпонентного выделения из μ таких бесконечно малых участков, в которых условия Клейна выполнены. Это осуществляется при Φ = 0, тогда как при Φ > 0 эти условия нарушены. Таким образом, вычисление меры Φ по (1) дает информации больше, чем требуется для проверки условия Клейна. Выделяются не только участки с “геометрией группы L_S”, но в других участках многообразия μ на основе меры Φ, оцениваются отклонения от этой “геометрии”. Кроме того, решение задачи Клейна алгоритмизируется (и. может осуществляться компьютерно). В силу этих обстоятельств мера типа (1) является не только полезным концептуальным инструментом, но также эффективным практическим инструментом.

Детерминистская по форме нелинейная мера типа (1), является по своей природе “квазистатистической”, иначе говоря, она работает на переходной стадии от детерминистского описания объекта исследования к статистическому и является прототипом для формирования разнообразных уже явно статистических оценок F, работоспособных в рамках “мягких” моделей.

Дифференциально-геометрическое многообразие как носитель информации

Введение (1) сразу же вносит в теоретическую модель аспекты, чуждые “чистой геометрии”. Во-первых, многобразие μ является здесь “непредсказуемым”. (Оно не является, например, “многообразием с постоянной кривизной” или “многообразием с постоянным изменением кривизны”).

Многообразие μ с заданной на нем гипотетической группой L_S не является ни “G-пространством Клейна”, ни “геометрией группы G” Картана. Оно было бы таким при тривиальном условии $\Phi \equiv 0$ во всей его области определения в μ. В нем проявлены существенно информационные аспекты т.е, μ является источником и носителем информации, которая выявляется при проверке гипотез и формировании “вторичного изображения” (1). Можно сказать, что в “многообразии μ с группой L_S” задан “текст” вместе с ключом для его расшифровки. Расшифрованным текстом является “вторичное изображение” (1). В многообразии μ может может содержаться множество такого рода текстов”, которые “расшифровываются” разными ключами L_S.

Конечные группы и статистическая трактовка дифференциально-геометрического многообразия

Вслед за информационными неизбежно появляются и существенно статистические аспекты μ. Изображение (1) в этом случае естественным образом заменяется полем статистических оценок, причем для построения явных статистических оценок $F\ (\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda)$ группы Ли L_S заменяются представляющими их конечными группами L_{fin},

$$F\ (\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda) = F\ \{L_{fin}, I_O\ (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_\Lambda)\} \qquad (5)$$

Проверка гипотезы для каждого элемента “вторичного изображения” $F\ (\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda)$ осуществляется в соответствующем ему касательном пространстве (“в малом”), причем изначально не вводится каких-либо предположений о “связности” между такими пространствами, поэтому результат проверки непредсказуем заранее. Группа G меняется при переходе от одного элемента изображения к другому и, вообще говоря, “геометрия группы G” для каждого касательного пространства своя.

“Жесткое” осуществление проверки условий Клейна на основе (1), т.е. требование точного соблюдения критерия $\Phi = 0$, неэффективно в практическом плане. (В этом случае выделяемые из μ на основе группы L_S структуры попадут в “множество меры ноль”). Здесь уместно и естественно некоторое “размытие” условия $\Phi = 0$, что осуществляется при использовании статистических оценок (5). Конечно, для “чистой геометрии” это нехарактерно.

Сатистические оценки локальной диссиметрии с конечной группой.

Для построения явных статистических оценок F за исходный пункт берутся формы (1) или же (3), в которых функционалы Φ или Ψ видоизменяются с заменой в них группы Ли L_S на группу L_{fin},

Для исходного изображения $I_O\ (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_\Lambda)$ в локальной области с центральным элементом $\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda$ строится система K_L “внутренних ракурсов” $R_k\ (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_{1\Lambda})$ где K_L – порядок конечной группы L_{fin}, индекс k пробегает диапазон значений $k = 1,\dots, K_L$, а $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_\Lambda$ – локальные координаты в микрообласти, определенные как

$$\varepsilon_k = \eta_k, - \xi_k \qquad (6)$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots \eta_\Lambda$ – “бегущие” глобальные координаты, являющиеся аргументами $I_O\ (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_\Lambda)$, аналогичные координатам $\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda$, используемым для параметризации локальной области При этом

$$R_k\ (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_\Lambda) = g_k\ (\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda)\ I_O\ (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_\Lambda) \qquad (7)$$

т.е. каждый из “внутренних ракурсов” получается путем действия параметрически определенного в точке $\xi_1, \xi_2, \dots \xi_\Lambda$ оператора g_k из группы L_{fin}, Все оценки (5) локальные, вычисляемые по полной системе K_L "внутренних ракурсов". Одним из естественных способов формирования разнообразных оценок типа (5), взятых из арсенала классической математической статистики, является дисперсионный анализ [1. 3-5]. В его однофакторной схеме проверяется "нулевая гипотеза" о том, является ли (2) инвариантом относительно преобразований из группы L_{fin}, , причем оператор g_k $(\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda)$ из группы L_{fin} рассматривается как фактор, предположительно влияющий на значения функционала Ψ $(I_O, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_\Lambda)$ и. Ψ будет зависимым от индекса **k** т.е.

$$\Psi_k (\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_\Lambda) = \Psi (g_k I_O , \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_\Lambda) \qquad (8)$$

Исходное изображение I_O $(\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_\Lambda)$ в локальной области "расслаивается" на K_L "ракурсов" (в терминологии дисперсионного анализа – "групп") R_k $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots \varepsilon_\Lambda)$ для которых вычисляются "межгрупповая" и "общая внутригрупповвая" дисперсии D_{inter} и D_{comm}. Если дисперсионое отношение Фишера

$$F (\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda) = D_{inter} / D_{comm} \qquad (9)$$

значимо отклоняется от единицы, то гипотеза отвергается. Поскольку отношение (9) параметрически зависит от координат $\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_\Lambda$ оно может служить для покомпонентной оценки разнообразных "смысловых полей", представленных в форме "вторичных" (результирующих) изображений в пространстве S_C.

Практическое применение теоретико-групповых статистических методов для решения реконструктивных задач

Разработанные методы РВД позволили решать актуальные (ранее не решаемые) задачи реконструкции изображений (более всего в НК). Обычно они использовались для предобработки рентгенограм в различных методах реконструкции томограмм [6]. Наиболее успешным применение структурно-ориентированных (статистических, теоретико-групповых) методов обработки изображений и нелинейного томосинтеза [6] было при: 1) контроле деталей машин и крупногабаритных изделий, 2) контроле строительных конструкций [1, 5], 3) контроле и мониторинге компонентов ядерных реакторов и атомных электростанций в действии [3]. Данные методы были успешно применены в нескольких международных научно-исследовательских программах. Наиболее масштабными среди них были две программы осуществленные "Федеральным институтом по контролю и исследованию материалов" ("БАМ", Берлин): 1) Программа разработки новых методов контроля строительных конструкций при технической поддержке фирмы Fuji Film Europe (Дюссельдорф) и 2) Исследовательская программа "БАМ"а совместно с несколькими немецкими институтами и Немецкой ассоциацией электростанций по развитию методов неразрушающего радиационного контроля и диагностики компонентов атомных электростанций. Данные методы успешно применялись также в рамках программ международного сотрудничества в Китае и, конечно, многократно в различных исследовательских программах в России.

В настояшее время успешно осуществляется разработка методов контроля ТВЭЛов ядерных реакторов на основе данного подхода, а также его применение к решению проблем медицинской диагностики. Ограниченные рамки данной статьи и ее тематика не позволяют нам остановиться сколько-нибудь подробно на конкретных примерах реконструкции, которые требуют отдельных публикаций.

Результаты и выводы

Потенциальная сфера применений теоретико-групповых статистических методов реконструкции изображений непрерывно расширяется [7] и давно вышла за границы НК. В настоящее время на их основе решаются задачи геофизики, океанологии, обработки спутниковой информации и др.

Применение дифференциально-геометрического подхода позволило развить покомпонентные методы реконструкции ("в малом"), обеспечив их широкую унификацию, осуществляемую путем выбора ключевой группы Ли, "ответственной" за восстанавливаемый аспект объекта контроля [1,2]. Тем не менее, решающим шагом, обеспечившим работоспособность данного подхода к решению реконструктивных задач явилось сближение методов дифференциальной геометрии с методами математической статистики. Появившаяся в результате этого возможность поэлементного формирования численного решения обратной задачи с применением локальных статистических оценок [1,3] снабдила классическую дифференциальную геометрию действенностью в такой традиционно чуждой для нее сфере, как решение обратных реконструктивных задач.

Список использованных источников

1. Baranov V.A.., Ewert U. Methods of Statistical Spatial Filtering of Images on the Basis of Local Group of Transformations // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2012– Vol 48– № 2–PP 123–128
2. Baranov V.A., Ewert U. Symmetrical Aspects of the Causality Principle in Statistical Group-Theoretical Image-Reconstruction Methods // Russian Journal of Nondestructive Testing–2012– V. 48–№ 3– PP 187-190
3. Baranov V.A., Ewert U., Redmer B., Kroening H.M. Quasi-Tomograpic Visualization of Crack-Formation Zones using Radiographic Projections Methods // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2012– V. 48– № 4– PP 259-263
4. Baranov V.A.., Ewert U. The Statistical Group-Theoretical Method for Ttreatment of the Notion of Defect // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2011–V. 47– № 10–PP. 707–709
5. Ewert U., Baranov V., Borchard K. Cross-sectional imaging of building elements by new non-linear tomosynthesis technique using imaging plates and ^{60}Co radiation” // “NDT & E International”, 1997 –V. 30–№ 4– PP. 243–248
6. Baranov V.A. A Variational Approach to Non-Linear Backprojection // “Computerized Tomography”, coll. of papers, Novosibirsk – Utrecht, Editor-in-Chief: M.M.Lavrent’ev– Utrecht: the Netherlands,1995– PP. 82–97
7. Баранов В.А., Эверт У. Теоретико-групповой статистический подход к распознаванию и реконструкции “смысловых структур” в объектах контроля // Контроль, Диагностика– 2013– № 13– С. 127–133

О ПЕРСПЕКТИВАХ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ МЕТОДОМ

Бордунов С.В.[1],. Гальцева О.В

Томский политехнический университет

[1]ООО Научно-внедренческое предприятие «ЭЧТЕХ», г. Томск

По данным научно-технической литературы 70 % золота в литосфере представлено частицами крупностью 100 мкм и менее. Тонкое и мелкое золото содержится и в техногенных россыпях – отвалах действующих и давно закрытых шахт и рудников. В работе [1] сообщается, что в России добывается крупное и очень крупное золото с крупностью более 100 мкм. В работе [2] приведены данные о месторождениях золота в Магаданской области, из которых лишь 5,1 % золота крупностью 50 мкм и менее извлекается гравитационными методами. В работе [3] показана необходимость дезинтеграции глинистых россыпей золота, и тонкое золото можно извлекать только после удаления глины из этих россыпей. В работе [4] приведен метод дезинтеграции глин, основанный на диспергировании глинистых комков вращающимися струями воды с давлением порядка 150 атм. В результате этого сырьё разделяется на иловую (глинистую) фракцию с тонким золотом и кристаллическую фракцию с примерно равным содержанием золота. Золото из фракций выщелачивали раздельно. Этот метод, как и традиционная