

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Николенко П.В. на диссертацию Бельтюкова Николая Леонидовича «Разработка скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

**Актуальность работы.** На сегодняшний день общемировая тенденция к постепенному истощению легко извлекаемых запасов приводит к последовательному и неотвратимому увеличению глубины и сложности горно-геологических условий добычи полезных ископаемых. При этом на первый план выходят вопросы обеспечения безопасности ведения горных работ. Контроль устойчивости выработок неразрывно связан с необходимостью получения оперативной и при этом максимально точной информации о напряженно-деформированном состоянии приконтурного массива. На сегодняшний день разработано большое количество методов контроля напряжений, использующих различные физические модели и принципы, однако ни один из них нельзя считать универсальным. Даже такие общепризнанные и широко применяемые методы, как метод гидроразрыва и метод полной разгрузки сталкиваются с рядом непреодолимых ограничений при их реализации на массивах сильнотрещиноватых и квазипластичных пород. Поскольку диссертационная работа направлена на разработку нового метода контроля напряжений, обладающего расширенными границами применимости, то ее тема, несомненно, является актуальной.

**Общая характеристика диссертационного исследования.** Диссертационная работа изложена на 159 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 102 источников. Целью работы являлось установление основных закономерностей и механизмов проявления эффекта Кайзера при нагружении участка квазипластичных пород скважинным гидродомкратом и разработка на их основе нового метода измерений напряжений в приконтурном массиве.

Для реализации указанной цели:

- 1) В первой главе диссертации автором проанализировано современное состояние методов измерения напряжений, в том числе опыт применения для этих целей эффекта Кайзера. На основе проведенного анализа сформулированы задачи исследования;
- 2) во второй главе приводится описание методического и аппаратного обеспечения предлагаемого метода контроля, а также результаты некоторых натуральных и стендовых испытаний;
- 3) в третьей главе рассмотрены основные методические аспекты численного моделирования поля напряжений в околоскважинном массиве, а также приводятся результаты расчетов, проведенных автором;
- 4) четвертая глава посвящена физическому моделированию реализации предлагаемого метода при различных режимах нагружения участка массива соляных пород;
- 5) пятая глава отражает опыт применения разработанного метода контроля на породах рудников БКПРУ-2 и СКРУ-3 ПАО «Уралкалий», месторождения Жаман-Айбат, массива Сарбайского карьера, а также Гремячинского месторождения калийных солей.

Таким образом, в диссертации отражена вся совокупность вопросов, рассмотрение которых было необходимо для разработки скважинного метода измерения напряжений в массиве горных пород на основе эффекта Кайзера.

#### **Научная новизна диссертационной работы и личный вклад автора.**

Научная новизна заключается в установлении закономерностей проявления эффекта Кайзера в породах околоскважинного пространства, позволяющих оценивать направления и величины действующих напряжений. Кроме того, автором разработана оригинальная численная модель распределения напряжений в окрестностях измерительной скважины, учитывающая контактные условия на границе «массив-нагружающие пластины». Также автором установлен факт проявления эффекта Кайзера при восстановлении осевой компоненты поля напряжений образца соляных пород, разгруженной после исходного напряженного состояния по схеме Беккера. И наконец, автором предложена схема отдельного экспериментального измерения компонент поля напряжений на основе анализа

параметров акустической эмиссии, регистрируемой в процессе нагружения стенок скважины гидродомкратом.

**Практическая значимость работы заключается:**

- в обосновании способов реализации предложенного метода контроля напряжений на основании результатов численного и физического моделирования;
- в разработке методического и аппаратного комплекса измерений напряжений в приконтурном массиве пород на основе эффекта Кайзера;
- в установлении закономерностей распределения напряжений в нетронутом массиве на ряде месторождений.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций представленной работы** подтверждается тем, что при их получении были использованы апробированные современные методы численного моделирования. Также в процессе лабораторных исследований было использовано проверенное оборудование с высокими метрологическими характеристиками. Особо следует отметить объем и представительность натуральных исследований.

**По работе имеются следующие замечания:**

1. Предлагаемые автором критерии выбора акустических преобразователей нельзя считать обоснованными. Качество акустико-эмиссионных измерений определяется не только резонансной частотой преобразователя, но и его полосой пропускания и ее сопряжением с частотным диапазоном регистрируемых импульсов. В данном случае следовало учитывать различие в спектрах сигналов акустической эмиссии, вызванное разными этапами трещинообразования и частотно-зависимым затуханием на базе измерения.

2. В качестве критерия проявления эффекта Кайзера автором используется положение точки максимальной кривизны графика «суммарное количество импульсов – давление гидродомкрата». Однако в ряде случаев (например, на рис. 2.20, 2.21, 4.8) результаты применения такого критерия не очевидны – рост эмиссии имеет достаточно плавный характер без характерных резких изменений кривизны.

3. Разработанный автором метод имеет потенциал к патентованию. В рамках исследований следовало бы предпринять действия по защите интеллектуальной собственности.

4. Неудачно сформулировано третье научное положение. Лучше было бы написать: «Проявления эффекта Кайзера в нагружаемых породах околоскважинного пространства позволяет оценить величину и направление компонент поля напряжений в условиях массивов квазипластичных и трещиноватых и скальных пород».

### **Заключение**

По своей актуальности, научной и практической значимости, а также достоверности полученных результатов, представленное диссертационное исследование полностью соответствует заявленной научной специальности и требованиям ВАК, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. Все основные положения диссертационной работы полностью отражены в 6-и работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК, а также в 9-и работах в прочих изданиях.

В диссертации, на основе проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований закономерностей проявления эффекта Кайзера в нагружаемом скважинным гидродомкратом массиве, решена актуальная задача обоснования и разработки нового метода измерений напряжений, что имеет важное значение для эффективного и безопасного освоения месторождений полезных ископаемых.

Доцент кафедры Физических  
процессов горного производства и геоконтроля  
НИТУ «МИСиС»  
кандидат технических наук



П.В. Николенко

19.03.2019

Тел.: 8(915)398-42-06

e-mail: [p.nikolenko@misis.ru](mailto:p.nikolenko@misis.ru)

Адрес: 119991, Москва, Ленинский пр-т, 4.

Подпись Николенко П.В. заверяю:  
проректор по науке и инновациям  
НИТУ «МИСиС»



М.Р. Филонов