

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования

"Сибирский государственный
индустриальный университет"
(СибГИУ)

Кирова ул., зд. 42, г.Новокузнецк,
Центральный район
Кемеровская область-Кузбасс 654006
Тел.: (3843) 77-79-79. Факс (3843) 46-01-92
E-mail: rector@sibsiu.ru
http://www.sibsiu.ru

06.05.2022 № 07-1/1195

_____ 01 _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник УНИ, и.о.
Проректора по научной и
инновационной деятельности
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего
образования «Сибирский
государственный
индустриальный университет»
канд. техн. наук, доцент

 А.И. Куценко

«06» 05 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Соколова Сергея Владиславовича «Разработка метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленосном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Актуальность темы диссертации

Прогноз наличия дизъюнктивных нарушений в границах лицензионных отводов угледобывающих предприятий является одной из первостепенных задач информационного обеспечения горных работ. При этом существенное значение для обеспечения безопасной и бесперебойной подготовки и отработки угольных пластов имеет информация о параметрах разрывных нарушений. При обнаружении непрогнозируемых геологических нарушений уже в ходе проходческих работ важно обеспечить оперативность определения положения и амплитуды сместителя в выемочном столбе. Очевидно, что применение методов геофизической разведки, в том числе сейсмических измерений, способно обеспечить требуемый комплекс данных. Тем не менее, условия функционирования угольной шахты характеризуются наличием комплекса помех, как сейсмических, так и исключительно эксплуатационных, воздействие которых ведут к снижению качества и полноты получаемой сейсмической информации. В этом случае для обеспечения достоверности оценки параметров разрывных нарушений требуется развитие существующих подходов к сейсмическому картированию угленосного массива на основе внедрения дополнительных технологических и методических решений. Таким образом, тема кандидатской диссертации Соколова С.В., посвященной решению научной

задачи разработки метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленосном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных, является актуальной и востребованной.

С учетом сформулированной актуальности работы в кандидатской диссертации обоснованы цель и задачи исследования. По результатам исследований достигнута ее цель, заключающаяся в разработке метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленосном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных, обеспечивающего повышение достоверности оценки геомеханического состояния массива горных пород в сложных природных и технологических условиях действующих угледобывающих предприятий, что подтверждается ее содержанием и сформулированными выводами. В диссертации реализована основная идея работы, которая заключается в использовании нейросетевого анализа динамических характеристик сейсмического сигнала с применением быстрого преобразования Фурье для выявления разрывных нарушений в угленосном массиве. Это следует из представленных в работе результатов, иллюстрирующих адаптивность разработанного метода к определению наличия структурного нарушения путем оценки спектральной плотности динамических характеристик сейсмического сигнала, вычисленной с использованием быстрого преобразования Фурье и расчету его амплитуды на основе применения нейросетевого анализа.

В первой главе диссертантом выполнена оценка соответствия используемых методов сейсмических исследований уровню современных горнотехнических задач, возникающих в процессе добычи угля. Рассмотрены основные факторы, снижающие эффективность применения сейсмической разведки в пределах горных отводов угледобывающих предприятий. Оценены особенности инженерной и нефтегазовой сейсморазведки в свете исследования угольных месторождений. Проведен анализ современных тенденций развития методов сейсмических исследований, дополняющих результаты интерпретации кинематических параметров сигнала.

По результатам проведенного в первой главе анализа диссертантом обоснована актуальность работы, обоснованы идея, цель, задачи исследования.

Во второй главе для получения сейсморазведочных данных в пределах горных отводов угледобывающих предприятий со сложным и ограниченным рельефом усовершенствован подход к регистрации сейсмической информации в части расчета параметров измерительной схемы из трех типов условий, зависящих от протяженности поверхности, на которой возможно размещение и транспортировка оборудования. Оценены технологические параметры оборудования, используемого в инженерной и нефтегазовой сейсморазведке. Определен комплект аппаратуры для исследования угольных месторождений. Сопоставлены известные утверждения о наличии геологической зависимости амплитуды дизъюнктивного нарушения и

области ее влияния, выраженной зоной дробления и изменении параметров сейсмического сигнала в ее пределах. Проанализированы изменения различных динамических параметров на сейсмических разрезах с подтвержденными геологическими нарушениями. Установлено, что комплекс характеристик в составе: видимая частота, значения максимальной абсолютной амплитуды, отношение сигнал/шум являются наиболее подходящими для выявления наличия дизъюнктивного нарушения.

Выводы, сформированные по 2 главе, отражают представленную в ней совокупность выполненных работ.

Третья глава диссертации посвящена разработке метода интерпретации данных сейсморазведки шахтных полей на основе нейросетевого анализа. Обоснованы параметры выбора нейросетевого анализа для описания разрывных нарушений в угленородном массиве. Для сокращения вероятных затрат времени на камеральную обработку сейсморазведочных данных выполнена адаптация специализированного подхода, используемого специалистами Института угля ФИЦ УУХ СО РАН в рамках разработки модели, описывающей образцы каменного угля, вмещающего систему трещин. Адаптация позволила выявлять наличие дизъюнктивных нарушений на основе графиков спектральной плотности, полученных в результате применения быстрого преобразования Фурье. Описан процесс эмпирического тестирования нейронных сетей с различной архитектурой для последующей разработки модели, описывающей угленородный массив, вмещающий дизъюнктивное нарушение, на основе двухслойной каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки. Приведены результаты тестирования разработанной модели с использованием выборок динамических параметров сигнала, полученных по геофизическим профилям с обнаруженными геологическими нарушениями. Представлен метод прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных в форме алгоритма, листинга действий и методических рекомендаций.

Выводы, сформированные по 3 главе, соответствуют результатам исследований, полученных по методу интерпретации данных сейсморазведки шахтных полей на основе нейросетевого анализа.

В четвертой главе описан алгоритм апробации разработанного метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных в условиях действующего угледобывающего предприятия. С учетом составленных: алгоритма, листинга действий, методических рекомендаций представлены процессы регистрации и камеральной обработки сейсмической информации. Выполнено сопоставление результатов применения нейросетевого анализа и выполненной структурной интерпретации сейсморазведочных данных. Представлена геологическая информация, подтверждающая полученные результаты.

Основные научные положения логически следуют из результатов представленных в диссертации исследований.

Первое научное положение: применение оригинального подхода к регистрации отраженных волн, основанного на компенсации недостатка кратности сигнала (< 24) его накоплением в условиях ограниченных участков поверхности горного отвода угольной шахты обеспечивает обнаружение дефектов структуры массива горных пород на основе регистрации изменений видимой частоты, максимального значения амплитуды и отношения сигнал/шум в диапазоне от 24 до 89%.

Обоснованность научного положения определяется результатами анализа амплитудно-частотных характеристик сейсмического сигнала, регистрируемого с применением схем измерения с различными параметрами.

Второе научное положение: использование каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки позволяет определить положение разрывного нарушения в угольном пласте и оценить его амплитуду в точке подсечения с погрешностью относительно результатов структурной интерпретации не более 8%.

Корректность научного положения обусловлена определением расхождения расчетных амплитуд подтвержденных геологических нарушений со значениями, полученными в ходе структурной интерпретации сейсмических данных.

Третье научное положение: применение разработанного метода прогноза дизъюнктивных нарушений угольного пласта обеспечивает сокращение на 69% ресурса времени на обработку сейсмических данных на основе применения процедур нейросетевого анализа и быстрого преобразования Фурье.

Данное научное положение подтверждается в ходе апробации разработанного метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в угленородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных посредством прямого сравнения временных затрат на его применение и ресурса времени, израсходованного в полном цикле камеральных работ, выполненных в рамках структурной интерпретации.

Оценка новизны и достоверности научных результатов

Новизна результатов исследований, представленных в кандидатской диссертации, заключается в: выявлении дефектов структуры угленородного массива в пределах ограниченных участков горного отвода угольной шахты с использованием динамических параметров сейсмического сигнала с низкой номинальной кратностью; применении каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки в интерпретации данных сейсморазведки для прогноза дизъюнктивных нарушений угольного пласта; обосновании области и условий применения метода прогноза разрывных геологических нарушений для оперативного определения их параметров при эксплуатационной разведке действующих выемочных участков. Сформированные утверждения подтверждаются

современными требованиями к эксплуатационной разведке разрабатываемых участков месторождений угля, из которых следует актуальность данной работы, уровнем эффективности применяемых методов их решения, а также результатами выполненного диссертантом анализа литературных источников.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным применением диссертантом геофизических методов исследования и основ геомеханики при оценке параметров дизъюнктивных нарушений; представительным объемом полевых измерений, проведенных в различных геолого-экономических районах Кузнецкого, Раздольненского и Буреинского угольных бассейнов, и положительными результатами опытно-промышленной апробации подхода к выполнению малоглубинной сейсморазведки шахтных полей с использованием нейросетевого анализа геофизических данных при сложных условиях на дневной поверхности.

Значимость результатов для науки и производства. Метод прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных позволяет оценить наличие разрывного нарушения и определить его амплитуду в сложных горнотехнических условиях действующих угледобывающих предприятий. При этом обеспечивается повышение оперативности получения прогноза посредством сокращения до 69% временных затрат на камеральную обработку сейсмических данных, что, несомненно, имеет значимость для информационного обеспечения процесса выемки угля.

Личный вклад автора подтверждается содержанием представленной кандидатской диссертации, объемом и оригинальностью выполненных аналитических и полевых экспериментов, новизной полученных результатов, обоснованными по данным результатам научными положениями, а также содержанием публикаций по теме диссертации.

Изучение указанных источников свидетельствует о научной зрелости диссертанта – Соколова Сергея Владиславовича как ученого, обладающего знаниями, соответствующими уровню кандидата технических наук и способного на высоком уровне решать задачи разработки и совершенствования методов и систем обработки геофизической информации, моделирования месторождений, прогнозирования горногеологических явлений.

Апробация результатов работы выполнена в объеме, достаточном для ознакомления научной общественности, а также специалистов горного направления с ее основными научными положениями и результатами. Подтверждением чего является представление ее основных положений на семинарах и конференциях (в том числе международных), соответствующих тематике исследования.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Основные положения, методологические основы и выводы диссертации Соколова С.В. доступны для ознакомления с ними научной

общественности и специалистов горного профиля в 19 печатных работах. В том числе в 5 работах, опубликованных в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 – в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus.

В кандидатской диссертации в достаточной степени изложены основные идеи и выводы по выполненной работе, показан вклад автора, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

Предмет и объект исследований соответствуют паспорту специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Суть диссертации раскрыта в представленных публикациях, а текст автореферата отражает основное содержание диссертации.

Замечания

Несмотря на положительную оценку, отмеченную практическую, научную значимость и полезность результатов исследований, представленных в диссертации, необходимо указать следующие замечания:

1. Описание процесса подбора архитектуры и параметров сетей в рамках нейросетевой модели угленородного массива, включающего дизъюнктивное нарушение, представляется недостаточно полным в части уровня адаптации модели к изменчивости структуры массива горных пород.

2. В 3 главе по результатам анализа графиков спектральной плотности произведения видимой частоты, максимального значения амплитуды и отношения сигнал/шум выявлено граничное значение параметра $J=14,72$, определяющего наличие либо отсутствие нарушения. Учитывая широкий диапазон параметров дизъюнктивов такое утверждение вызывает сомнение.

3. Во 2 главе диссертации представлен достаточно большой список параметров сейсмического сигнала, в том числе включающих несколько отдельных характеристик. Из текста следует, что анализировалось изменение достаточно простых характеристики на основе амплитудных и частотных значений. Применение более сложных параметров сейсмического сигнала, возможно учитывающих в расчете некие реальные геомеханические свойства массива могло бы привести к еще более достоверным результатам.

4. Учитывая, достигнутую в результате применения нейронной сети и быстрого преобразования Фурье, степень автоматизации процесса камеральной обработки более уместным видится его полная автоматизация – написание специализированной программы для определения параметров дизъюнктивного нарушения. Такая программа в диссертации отсутствует.

5. В тексте диссертации присутствуют опечатки, пробелы, пропущенные символы.

Заключение

Рассмотренная кандидатская диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ», а ее автор Соколов Сергей Владиславович, заслуживает присуждение ученой степени

кандидата технических наук по научной специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» за разработку метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных, имеющего существенное значение для изучения горно-геологических и горнотехнических условий освоения месторождений твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

Диссертация и автореферат рассмотрены на заседании кафедры геотехнологии 05.05.2022 г., протокол № 5

Отзыв составлен Фряновым Виктором Николаевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой геотехнологии, утвержден на заседании кафедры геотехнологии (протокол заседания кафедры № 5 от 05.05.2022 г.). Специальности 05.15.02 - Подземная разработка месторождений полезных ископаемых; 05.15.11 - Физические процессы горного производства.

Заведующий кафедрой геотехнологии
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»,
проф., докт. техн. наук
654007, Кемеровская область-Кузбасс,
г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42
e-mail: zzz338@rdtc.ru
сот. тел.: +7-961-705-3075

В.Н. Фрянов

Я, Фрянов Виктор Николаевич, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Соколова С.В., исходя из требований нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте КузГТУ, на сайте ВАК в единой информационной системе.

Подпись Фрянова В.Н. удостоверяю:

Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»



Т.А. Миронова