

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Дорохина Кирилла Александровича «Обоснование и разработка метода оценки геодинамического состояния массива горных пород на основе дисперсионных параметров сейсмических волн», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Представленная работа изложена на 202 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 125 наименований, содержит 182 рисунка, 1 таблицу.

1. Актуальность избранной темы работы

Свою работу автор посвятил обоснованию и разработке метода оценки геодинамического состояния массива горных пород на основе дисперсионных параметров сейсмических волн. В первой главе диссертации автор провел тщательный анализ публикаций в этой области и показал актуальность данной темы. Она обусловлена необходимостью решения задачи достоверного определения изменений напряженно-деформированного состояния массива пород и крепей вокруг подземных выработок неглубокого заложения с целью своевременного предотвращения аварий на транспортных объектах. Для решения этой задачи автор использует активный сейсмический метод. Автор показал, что в условиях массива горных пород с обделкой тоннеля решение указанной задачи традиционными методами, требующими знания скоростей как продольных, так и поперечных упругих волн, дает нестабильные результаты. В результате тщательного анализа публикаций им предложено использовать дисперсионные параметры волны Рэлея, распространяющейся вдоль поверхности тоннеля. Это дало возможность оценить, как напряженно-

деформированное состояние пород, так и его прочностные свойства и решить поставленную задачу.

Тема исследования и содержание работы соответствует паспорту специальности 25.00.20. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

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

Автор выносит на защиту четыре научные положения, которые он обосновывает во второй, третьей и четвертой главах.

В первом научном положении автор утверждает, что активизация геомеханических процессов в виде изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород отражается на дисперсионных характеристиках поверхностных волн. Второе научное положение дополняет первое. В нем говорится о возможности по дисперсионным характеристикам осуществлять оценку изменений физико-механических свойств массива и определять их удаленность при работах, как с поверхности, так и из горной выработки с железобетонной обделкой.

Их доказательство осуществляется во второй и третьей главах на основе натуральных наблюдений, проведенных с участием автора в тоннелях Санкт-Петербургского метрополитена. В результате тщательного анализа с использованием различных приемов компьютерной обработки массивов данных, включающих фильтрацию, пикирование сейсмограмм, расчет полных дисперсионных изображений волновых пакетов и других, автору удалось обосновать алгоритм расчета параметров, характеризующих изменение реологических свойств грунтов, и составить принципиальный алгоритм метода оценки геодинамического состояния массива горных пород на основе дисперсионных параметров поверхностных волн. Для обработки и получения диспер-

сионных кривых, представленных в п. 2.1, 2.2, автор корректно использует хорошо зарекомендовавшие себя программы Pickwin и RadexPro. С использованием обоснованного в п. 2.4-2.7 алгоритма оценки геодинамического состояния массива горных пород на основе дисперсионных параметров поверхностных волн в главе 3 осуществлен численный эксперимент по моделированию синтетических сейсмограмм в массивах заданных структур, последующее построение дисперсионных кривых и их анализ, позволивший установить влияние механических свойств массива, в том числе и за обделкой тоннеля.

Логика и корректность проведения данного анализа позволяет сделать вывод о достаточной обоснованности и правомерности как первого, так и второго научных положений.

Третье научное положение дает статистическую оценку степени связи скоростных характеристик поверхностных волн в массиве с напряженно-деформированным состоянием крепи и вмещающего массива пород.

Его доказательство осуществлено автором в четвертой главе на основе натуральных исследований по оценке устойчивости оползневого массива на участке 8 бис п. Хоста, где были проведены сейсмические исследования с дополнительными измерениями деформаций крепи датчиками ПЛДС, а также измерений в Санкт-Петербургском метрополитене. Объем и высокое качество результатов измерений относительных деформаций и нормальных тангенциальных напряжений в бетоне аркобетонной крепи, сопровождавшихся сейсмическими измерениями, проводимыми в тот же период, корректность обработки этих результатов, позволяют сделать вывод о достаточной степени обоснованности данного научного положения.

В четвертом научном положении автор предлагает рассчитывать основные динамические и статические механические характеристики массива

горных пород по дисперсионным параметрам сейсмоволн, используя в качестве связующего параметра динамический модуль сдвига G_d .

Для доказательства этого научного положения автор использует большой объем натуральных наблюдений на упомянутых выше объектах. Результаты обработки большого количества данных по наблюдениям за 6 лет, корректность применяемых методов, позволили ему установить зависимость модуля сдвига G_d от времени, представленную на рисунке 4.2.21. Тем самым им обосновано утверждение, сформулированное в четвертом научном положении, и подтверждена достаточная степень его обоснованности.

В целом можно отметить, что все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, базируются на большом экспериментальном материале, компьютерном эксперименте, современных методах обработки данных и обоснованы автором в достаточной степени.

2. Новизна и достоверность результатов

Новизна результатов заключается в обосновании принципиальной возможности использования дисперсионного анализа поверхностных сейсмических волн для контроля состояния массива и его геодинамической активности; подтверждении количественной связи между изменениями дисперсионных параметров поверхностных волн, изменением физического состояния вмещающего массива и изменением напряженно-деформированного состояния обделки горной выработки; в предложенном автором использовании в расчетах динамического модуля сдвига G_d для количественной оценки состояния массива горных пород без регистрации объемных волн.

Достоверность полученных автором результатов сомнения не вызывает. Это подтверждается обоснованной логикой исследования, построением защищаемых научных положений, выводов, рекомендаций на основе многолетних наблюдений и представительного объема данных натуральных экспери-

ментов, а также непротиворечивостью полученных результатов физическим законам и результатам других исследователей.

3. Значимость результатов для науки и практики

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в установлении новых закономерностей, зависимостей и связей свойств породных массивов с параметрами дисперсионных кривых, полученных при обработке результатов сейсмических съемок на нескольких натуральных объектах, при компьютерных численных экспериментах, а также при тщательном обзоре и анализе публикаций в отечественных и зарубежных научных изданиях.

Значимость результатов исследований Дорохина К. А. для практики заключается в обосновании и разработке метода дисперсионного анализа поверхностных волн, позволяющего заблаговременно определять переход исследуемой области в опасное предаварийное состояние, оценить развитие деформационных процессов на этапах начального деформирования при его слабых изменениях.

4. Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы, апробация результатов

Основные результаты диссертации изложены в 9 печатных работах, среди которых 5 – в изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ. Результаты исследований в необходимых объемах докладывались на российских и международных научных конференциях, симпозиумах, семинарах, школах. Публикации в полной мере раскрывают содержание диссертационной работы.

В автореферате в достаточной степени изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, сте-

пень новизны и практическая значимость результатов исследований. Он полностью отражает основное содержание диссертации.

5. Замечания

1. На наш взгляд, автор выбрал не совсем удачное выражение «Динамические прочностные характеристики». Обычно через скорости продольной и поперечной упругих волн определяются динамические упругие свойства – динамический модуль упругости и динамический коэффициент Пуассона. В то же время, динамическая прочность - способность материала сопротивляться действию динамических нагрузок без разрушения или без существенного изменения формы, а автор ведет речь о прочности, определяемой по регрессионным зависимостям через скорости упругих волн, т. е. динамические нагрузки, например, при взрыве, здесь отсутствуют.

2. На наш взгляд, содержание первой главы, которая в значительной степени посвящена обзору сейсмических методов исследования массивов горных пород, могло бы быть изложено более компактно без потери информативности, например, исключен рисунок 1.14, иллюстрирующий форму деформаций твердого тела при распространении рэлеевской волны.

3. Автором не обоснованы геометрические размеры скоростной модели при численном моделировании, описанном в п. 3.2 и проиллюстрированном на рис. 3.1.1 – 3.1.4. В частности, не оценено влияние конечных размеров модели на дисперсионные кривые, получаемые в результате моделирования. Вполне возможно, что следовало бы взять большие размеры для исключения отражений от границ, поскольку в реальных объектах такие границы и отражения от них отсутствуют. Учитывая также, что в реальных условиях не всегда упругие свойства массива меняются скачкообразно, часто наблюдается плавное их изменение, следовало бы рассмотреть модели с плавным изменением скоростей на границах.

4. В приведенных результатах экспериментальных исследований (глава 4) автор не совсем полно разъяснил, какую моду (гармонику) он использовал для анализа поверхностных волн. В практике сейсмоакустических исследований количество мод, которые можно выделить на дисперсионном изображении, может достигать трех.

Приведенные выше замечания носят частный или рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

6. Заключение

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований дано научно обоснованное техническое решение задачи оперативной идентификации геодинамических процессов во вмещающем массиве горных пород на основе дисперсионных параметров поверхностных волн, зарегистрированных как на поверхности, так и вокруг горной выработки, что имеет экономико-технологическое значение для обеспечения проектно-изыскательских, строительных и эксплуатационных служб сведениями, необходимыми и достаточными для определения выхода аномальных областей массива в предаварийное состояние для последующих детальных и комплексных геотехнических наблюдений.

Диссертация соответствует п. 9. Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Дорохин Кирилл Александрович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»



Вознесенский Александр Сергеевич

119991, г. Москва, Ленинский проспект, 4, НИТУ «МИСиС», Горный институт (МГИ), кафедра Физических процессов горного производства и геоконтроля (ФизГео).

Тел.: 8 (499) 230-25-93 (каф.), +7-910-409-94-93 (моб.)

E-mail: al48@mail.ru.

Подпись официального оппонента, д.т.н., проф. А.С. Вознесенского удостоверяю.

Директор Горного института (МГИ) НИТУ «МИСиС»



А. В. Мясков