

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Верхоланцева Александра Викторовича «Разработка метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

### **Актуальность темы диссертации**

Буровзрывные работы (БВР) тесно связаны с требованием по обеспечению целостности и сохранности различных инженерных сооружений, располагающихся в зоне сейсмического воздействия. Расширение заселенных территорий, увеличение объемов извлечения полезных ископаемых, приближение фронтов горных работ к охраняемым зданиям и сооружениям приводят к росту негативного воздействия БВР, что обуславливает актуальность проблемы обеспечения безопасности сейсмических воздействий взрывов на здания и сооружения на многих горнодобывающих предприятиях. От корректности и своевременности решения данной проблемы во многом зависит эффективность проводимых горных работ, что, безусловно, отражается на себестоимости выпускаемой предприятием продукции. В условиях близкого расположения сооружений от места взрыва, когда вопрос их сохранности и комфортного проживания населения становится особенно актуальным, наиболее надежным способом определения сейсмически безопасного расстояния и получения зависимости уровня сейсмического воздействия от параметров БВР является проведение прямых натуральных инструментальных измерений в конкретных геологических и горнотехнических условиях. Выявление и анализ истинных, а не предполагаемых, особенностей распределения уровня сейсмического воздействия на исследуемой территории позволяет добиться оптимальности используемой технологии БВР по фактору уровня сейсмического эффекта.

Таким образом, работа, направленная на разработку метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения, является весьма актуальной и имеет важное прикладное значение.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертационная работа представлена в виде рукописи, подготовленной в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки РФ. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованных источников, включающего 171 наименование. Работа изложена на 159 страницах машинописного текста, содержащих 48 рисунков и 19 таблиц.

Во введении обосновывается выбор темы диссертации, ее актуальность, формулируются цель, идея и задачи исследований, а также научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ современной отечественной и зарубежной литературы, подтверждающий актуальность рассматриваемых проблем, связанных с сейсмической безопасностью взрывных работ. Приведен ретроспективный литературный обзор исследований, посвященных различным аспектам управления сейсмическим воздействием промышленных взрывов: применение короткозамедленного взрывания в системах инициирования взрывчатых веществ, применение специальных экранов, учет резонансных характеристик грунтов и инженерных конструкций как факторов условий взрывания. Далее автором приведен обзор исследований, посвященных выбору критерия сейсмической опасности взрывных работ. Приведен обзор нормативной документации в области сейсмической безопасности, при этом отдельно выделяется перечень нормативных способов учета влияния грунтовых условий. Автор отмечает, что современный уровень сейсмологических наблюдений позволяет получать из данных большой объем информации высокого качества, заключая при этом, что основным статистически устойчивым критерием сейсмической опасности промышленных взрывов является максимальная мгновенная скорость смещения (максимальный модуль вектора) грунта в основании охраняемого объекта.

Во второй главе представлены экспериментальные исследования влияния параметров источника и характеристик среды на интенсивность сейсмического воздействия взрывных работ. В данном разделе автор систематизирует факторы, которые оказывают влияние на фактическую амплитуду сейсмического воздействия взрыва. Они включают:

- физико-механические свойства пород и направление инициирования зарядов ВВ;
- условия и способ взрывания;
- грунтовые условия;
- рельеф местности;
- расстояние между источником сейсмического сигнала и точкой его измерения, а также масса заряда, приходящаяся на ступень замедления;
- степень затухания сейсмических волн на пути от источника к охраняемому объекту.

Автор делает вывод о том, что нормативная документация учитывает далеко не все из вышеперечисленных факторов, акцентируя внимание на том, что натурные измерения демонстрируют более широкие диапазоны изменений условий взрывания и свойств грунта в основании охраняемых объектов. По мнению автора, наиболее перспективным и технически реализуемым является использование интегральной оценки отдельной группы факторов со значительной случайной составляющей через точное измерение и фиксирование других параметров взрыва. В частности, использование опорной сейсмической станции позволяет компенсировать случайные факторы, связанные с условиями взрывания, и таким образом повысить надежность определения параметра затухания сейсмических волн в среде.

Третья глава посвящена оценке и учету влияния грунтовых условий, а именно резонансных характеристик грунта, на интенсивность сейсмического воздействия. Она включает анализ влияния мощностей слоев и физических свойств слагающих пород на резонансные характеристики грунта, сравнение результатов оценки и учета влияния грунтовых условий для разных способов. По результатам экспериментальных исследований автор приходит к выводу, что несмотря на схожий литологический состав и, соответственно, одинаковую характеристику грунтов по ФНП, их реакция может значительно отличаться, что может приводить к некорректной оценке усиления амплитуды колебаний приходящих сейсмических волн и связанных с ними безопасных расстояний. При этом автор демонстрирует, что регламентируемый нормативной документацией учет влияния грунтовых условий при сейсмическом воздействии взрывов в виде одиночного коэффициента не является достаточным, приводя к большим ошибкам – иногда в несколько раз, – в расчете сейсмически безопасного расстояния.

В четвертой главе обосновывается предлагаемый метод прогнозирования величины воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения. Для этого автором произведена обработка и интерпретация данных комплекса инструментальных измерений, который включает получение максимального модуля вектора массовой скорости смещения, определение величины предельно допустимой скорости колебаний грунта для конкретного охраняемого инженерного сооружения, определение зависимости амплитуды сейсмической волны от расстояния, анализ работы систем инициирования ВВ, определение изменения амплитуды колебаний за счет резонансных эффектов для сооружений, изучение латеральной изменчивости грунтовых условий, оценку влияния параметров БВР на амплитуду сейсмической волны, прогнозирование амплитуды сейсмической волны в произвольной точке местности. По результатам исследований автором проведена апробация метода прогнозирования сейсмического воздействия взрывных работ на карьере «Шах-тау» АО «Сырьевая компания».

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

#### **Научная новизна диссертационной работы**

Рассматриваемая диссертационная работа обладает несомненной научной новизной. Автором впервые определены оценки влияния грунтовых условий для прогнозирования сейсмического эффекта взрывов. Разработан способ компенсации случайных факторов, связанных с условиями взрывания, посредством использования опорной сейсмической станции, позволяющий повысить достоверность прогноза уровня воздействия за счет более надежного определения параметров затухания и возможности прямой оценки усиления колебаний грунтов. Предложенные инструментальные измерения (регистрация взрывов, изучение грунтовых условий), методы обработки полученных данных и интерпретации результатов позволяют

выявить, оценить и учесть влияние наиболее значимых факторов, определяющих сейсмический эффект.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автором вынесено на защиту три научных положения, которые раскрываются и обосновываются в главах 2–4 диссертации. Выводы основаны на полученных в работе анализе результатов натуральных экспериментов и теоретических исследований. Результаты исследований и их выводы докладывались на научных конференциях, а также опубликованы в 22 печатных работах, в том числе, 4 из них – в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ.

**Достоверность научных положений и выводов** подтверждена большим объемом экспериментальных данных, полученных на 11 промышленных объектах с использованием современных средств измерений и их анализа. Достоверность полученных результатов подтверждается согласованностью прогнозных и фактически измеренных значений сейсмического влияния промышленных взрывов.

### **Замечания и вопросы по содержанию и оформлению диссертации**

К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. Необходимо более подробно обосновать возможность применения для конкретных условий ведения взрывных работ расчетных формул 1-3;
2. Желательно привести статистические оценки полученных результатов обработки данных экспериментов;
3. Выполнить более подробную оценку надежности результатов прогнозирования сейсмического воздействия на поверхностные здания и сооружения.

Тем не менее, данные замечания не влияют на положительные результаты работы автора и не снижают значимости представленной диссертационной работы

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация Верхованцева Александра Викторовича «Разработка метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение важной научной задачи, имеющей значение для развития методов прогнозирования сейсмического эффекта от ведения взрывных работ.

Актуальность темы исследования, а также новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов свидетельствуют о соответствии диссертации

требованиям п 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Верхованцев Александр Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Главный научный сотрудник  
отдела проблем геомеханики  
и разрушения горных пород ИПКОН РАН,  
профессор, доктор технических наук



Викторов Сергей Дмитриевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4; +7 (495) 360-8960; [victorov\\_s@mail.ru](mailto:victorov_s@mail.ru).


Я, Викторов Сергей Дмитриевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета ПФИЦ УрО РАН, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки РФ.



Викторов Сергей Дмитриевич

Подпись главного научного сотрудника ИПКОН РАН, профессора, доктора технических наук, заверяю.

Ученый секретарь ИПКОН РАН,  
профессор, доктор технических наук



Кубрин Сергей Сергеевич

26.01.2024 г.