

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСИС», доктор  
технических наук, профессор



М.Р. Филонов

« 28 » ноября 2023 г.

## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Холодилова Андрея Николаевича на тему:  
«Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые  
объекты», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

На отзыв представлена диссертация на тему: «Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты», состоящая из введения, пяти глав, заключения, словаря терминов, списка использованной литературы и пяти приложений.

### 1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время установленным является факт корреляции между частотой технико-тектонических событий и массой потребленного взрывчатого вещества, следовательно, и объемом взорванной горной массой. Проблема усугубляется постоянным ежегодным увеличением объемов взрывных работ и их масштабов на горнодобывающих предприятиях. Следствием этого является усиление негативного динамического воздействия в виде сейсмозврывных и ударных воздушных волн на ближайшие здания и сооружения производственной и гражданской инфраструктур, приводящего их к аварийному состоянию и даже внезапному разрушению, создавая угрозы человеческим жизням.

Технологии ведения буровзрывных работ непрерывно совершенствуются, а именно: появляются современные промышленные взрывчатые вещества, средства их инициирования. Внедрение этих технологий нередко сопровождается неожиданным повышением динамического

ОТЗЫВ

ВХ.М.С-421 от 04.12.23  
АУ УС

воздействия взрыва на охраняемые объекты. Поэтому разработка новых способов прогноза предельного уровня такого воздействия для самых неблагоприятных условий ведения взрывных работ представляется весьма актуальной.

Существующие подходы к прогнозу динамического воздействия взрывных работ не в полной мере учитывают отмеченные выше особенности, что не позволяет в должной мере обеспечить безопасность горнодобывающих предприятий.

Указанные обстоятельства делают весьма актуальной тему диссертации А.Н. Холодилова, поскольку она направлена на обеспечение безопасности в современных условиях ведения взрывных работ. Кроме того актуальность исследования подтверждается соответствием тематики диссертационного исследования Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (п. 6 «Рациональное природопользование»), утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 (в ред. от 16 декабря 2015 г.) и стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года (Распоряжение Правительства от 22 декабря 2018 г. № 2914-р) в части создания новых технологий по снижению негативного влияния освоения недр на окружающую среду.

## **2. Научная новизна диссертации**

- установлена количественная связь между показателем затухания и коэффициентом сейсмичности;
- создана классификация сейсмовзрывных источников по степени опасности их воздействия;
- определены условия возникновения опасных явлений и их предупреждения, как по фактору воздействия сейсмовзрывных волн, так и по фактору совместного воздействия сейсмовзрывных и ударных воздушных волн на охраняемые объекты.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

По результатам проведенных диссертационных исследований А.Н. Холодиловым сформулированы четыре защищаемые положения.

В первом из них утверждается, что прогнозное значение скорости смещения грунта при ведении взрывных работ на карьерах необходимо определять классификационным критерием уровня сейсмического воздействия взрыва. Детальному обоснованию данного положения посвящена вторая глава.

Второе научное положение отражает основные принципы классификации сейсмических источников по степени опасности их воздействия на охраняемые объекты. Доказательство этого научного положения проведено автором в третьей главе, опираясь на собственные

экспериментальные данные и данные, приведенные в литературных источниках. Корректность доказательства не вызывает сомнений.

Третье научное положение касается зависимости между уровнем сейсмического воздействия на охраняемые объекты и интервалами времени короткозамедленного взрывания. Получен критерий предельного значения уровня сейсмического воздействия при обнаружении дополнительного источника колебаний в системе «грунт – охраняемый объект». Доказательство этого положения весьма детально и убедительно проведено в четвертой главе.

Четвертое научное положение посвящено опасному явлению - совместному воздействию сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект, которое устраняется при увеличении интервала времени короткозамедленного взрывания. Доказательство этого положения наглядно проиллюстрировано графическим материалом в пятой главе.

Защищаемые научные положения и основные выводы логически связаны с целью и идеей, положенной в основу диссертационной работы и реализованной при решении основных задач исследований. Все научные положения, выводы и рекомендации обоснованы в достаточной степени. Их достоверность сомнения не вызывает.

#### **4. Научные результаты, их значимость**

Разработана теоретическая модель совместного определения показателя затухания сейсмозрывных волн и коэффициента сейсмичности, позволившая с одной стороны доказать корреляционную связь между этими параметрами по экспериментальным данным проф. В.Н. Мосинца, а с другой стороны установить классификационный критерий прогнозного значения скорости смещения грунта. Проведена убедительная верификация этого критерия на основе собственных исследований автора.

Разработана классификация сейсмических источников взрывного происхождения по степени опасности их воздействия на основе данных, представленных в первой главе, и разработанного во второй главе классификационного критерия с использованием методов статистического анализа. Классификационные границы надежно обоснованы на основе известных представлений о сейсмическом воздействии промышленных взрывов. Представлены основные параметры статистических распределений коэффициента сейсмичности и показателя затухания.

Разработана теоретическая модель, позволившая уверенно выявлять на ранних этапах ведения взрывных работ вторичные проявления сейсмического воздействия взрыва. Сформулирован критерий безопасного ведения взрывных работ в этом случае.

Разработана методология обеспечения безопасности при ведении взрывных работ на карьерах в случае признаков сильной раскачки наземного объекта. Весьма обстоятельно

рассмотрен конкретный пример этого явления, позволяющий установить и погасить опасное совместное воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект.

Значимость полученных автором диссертации научных результатов для повышения безопасности ведения взрывных работ на горнодобывающих предприятиях, не вызывает сомнений.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 25 печатных работах, в том числе в 10 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 5 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

1. Установлены закономерности между коэффициентом сейсмичности и показателем затухания сейсмозрывных волн.

2. Обоснованы вид и параметры статистических распределений коэффициента сейсмичности и показателя затухания сейсмозрывных волн.

3. Доказано существование дополнительных источников колебаний вблизи оснований наземных сооружений при подземном взрывании и установлен критерий безопасного ведения взрывных работ в этом случае.

4. Выявлены условия возникновения совместного воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект при взрывании на карьере и способ предупреждения этого явления.

5. Предложены способы оперативной оценки уровня сейсмического воздействия взрывных работ на основе квалификационного критерия.

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Основные положения и результаты диссертационного исследования могут быть использованы на предприятиях, добывающих твердые полезные ископаемые открытым и подземными способами с использованием взрывных работ; в организациях, осуществляющих мониторинг сейсмозрывного и воздушного ударного воздействия, для проведения экспертиз безопасности зданий и сооружений на производственных объектах горнодобывающей промышленности; в проектных организациях горной промышленности для разработки дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности при ведении взрывных работ в условиях, аналогичных рассмотренным в настоящей работе; в учреждениях высшего образования при подготовке инженеров по специальности «Горное дело» и на курсах повышения

квалификации и профессиональной переподготовки.

## 7. Замечания и вопросы по работе

1. В отечественной практике принята оценка коэффициента сейсмичности при фиксированном показателе затухания, а в диссертации идет речь о количественной зависимости между показателем затухания и коэффициентом сейсмичности.

2. Неудачно выбрано название второй главы, поскольку основное содержание этой главы посвящено классификационному критерию уровня сейсмического воздействия взрыва.

3. Классификационный критерий уровня сейсмического воздействия и классификация сейсмических источников в диссертационном исследовании разработаны на основе приведенного расстояния  $R/Q^{1/3}$ . В диссертации не исследован случай, как изменится классификационный критерий и классификация, если принять приведенное расстояние в виде  $R/Q^{1/2}$ , также используемое в практике для оценки сейсмического воздействия удлиненных зарядов взрывчатых веществ?

4. В качестве одного из методов обработки экспериментальных результатов в диссертации применяется низкочастотная фильтрация велосиграм, которая уменьшает пиковое значение скорости смещения. Как это обстоятельство учитывается при оценке сейсмического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты?

## 8. Заключение по диссертации

Диссертация Холодилова Андрея Николаевича на тему: «Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», представляет законченную научно-квалификационную работу, имеющую научную новизну, теоретическую и практическую значимость. Содержание автореферата соответствует диссертации и отражает ее основные положения.

Диссертация **«Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты»**, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности **2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»** полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – **Холодилов Андрей Николаевич** – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по

специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Холодилова Андрея Николаевича обсужден и единогласно утвержден на заседании кафедры Физических процессов горного производства и геоконтроля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», протокол № 3 от 15 ноября 2023 года.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой Физических процессов горного производства и геоконтроля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», доктор физико-математических наук, доцент

**Винников Владимир Александрович**

Секретарь заседания

Доцент кафедры Физических процессов горного производства и геоконтроля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», кандидат технических наук

**Пугач Александр Сергеевич**

Подпись Винникова В.А., председателя заседания, и Пугача А.С., секретаря заседания, заверяю.

Подпись Винникова В.А.; Пугача А.С.

заверяю

начальника

Кузнецова А.Е.

и кадров

« 28 » 11 2023 г.



**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru/>

эл. почта: [kancela@misis.ru](mailto:kancela@misis.ru)

телефон: +7 495 955-00-32