

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Тюпина Владимира Николаевича 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.

1. Актуальность темы диссертации

Изучение динамического воздействия взрывных работ на объекты горных предприятий и здания ближайших поселений особенно актуально при увеличении темпов добычи сырья при разработке твердых полезных ископаемых с помощью энергии взрыва взрывчатого вещества. При регулярном динамическом воздействии взрывных работ происходит ослабление конструкций охраняемых объектов, приводящее вплоть до аварийных ситуаций. Особенно это касается горных предприятий с большими объемами взрывной подготовки горной массы.

Несмотря на изученность динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты, остаются вопросы, связанные с применением современных средств неэлектрического инициирования относительно точности их срабатывания, с увеличением объемов выработанного пространства, с изменением свойств породного массива под воздействием взрыва. Все это служит причиной повышенного динамического воздействия на охраняемые объекты не редко с превышением нормативно допустимых значений, нежели это следует из устоявшихся представлений.

За последние десятилетия в зарубежной и отечественной научной литературе накоплен обширный материал по вопросам обеспечения безопасности по факторам воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемые объекты. Однако не развиты в должной мере научные основы динамического воздействия взрывных работ на здания и сооружения даже с учетом современных достижений в области искусственных нейронных сетей, численных алгоритмов решения динамических задач.

Таким образом, тема диссертационной работы является весьма актуальной для обеспечения безопасности объектов горнодобывающих предприятий, использующих энергию взрыва взрывчатых веществ.

2. Научная новизна диссертации

- установлен классификационный критерий уровня сейсмического воздействия взрыва на основе количественной связи между показателем затухания и коэффициентом сейсмичности;

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-403 от 16.11.23
АУ УС

- построена классификация взрывных сейсмических источников по степени их опасности на основе классификационного критерия уровня сейсмического воздействия;
- разработана методология обнаружения вторичных опасных колебаний в системе «грунт – охраняемый объект», в частности, для взрывных источников, классифицируемых как источники нормального сейсмического воздействия;
- разработана методология обнаружения опасного динамического воздействия взрывных работ на наземный объект, связанного с совместным воздействием сеймовзрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект.

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

Защищаемые положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, подтверждаются результатами применения статистических методов обработки экспериментальных данных, сходимостью модельных и экспериментальных зависимостей пространственного и временного характера, обоснованы необходимыми ссылками на надежные литературные источники, отражают основное содержание диссертации и доказаны полученными теоретическими и практическими результатами исследований.

Таким образом, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, отраженных в диссертационном исследовании, обеспечивается: достаточным объемом экспериментальных велосиграм скорости смещения грунта, эпюр колебательной скорости зданий и сооружений, эпюр избыточного давления на фронте ударной воздушной волны; разработанными теоретическими моделями; применением сертифицированного оборудования при проведении полигонных и промышленных исследований; сходимостью экспериментальных и модельных кривых.

4. Научные результаты, их ценность

Основные научные результаты работы отражены в четырех научных положениях, выносимых на защиту:

1. Прогнозное значение скорости смещения грунта в основании охраняемых объектов по сейсмическому фактору безопасного ведения взрывных работ на карьерах необходимо определять классификационным критерием уровня сейсмического воздействия взрыва на основе коэффициента сейсмичности в диапазоне от 100 до 800 и показателя затухания в диапазоне 1,56-2,04.

2. Классификационные критерии для оценки опасности взрывов как сейсмических источников, характеризующихся колебательной скоростью, измеренной в см/с, по соотношению между показателем затухания - n в диапазоне 0,7-3,8 и коэффициентом сейсмичности K в

диапазоне от 6 до $3 \cdot 10^3$ определяются следующим образом: сейсмические источники повышенного воздействия - $n < 0,23 \ln K + 0,33$, нормального воздействия - $0,23 \ln K + 0,63 \geq n \geq 0,23 \ln K + 0,33$ и пониженного воздействия - $n > 0,23 \ln K + 0,63$.

3. Прогноз уровня сейсмического воздействия на наземные сооружения в зависимости от интервалов времени короткозамедленного взрывания, а также оперативное обнаружение опасных колебаний в системе «грунт – охраняемый объект» при ведении взрывных работ в подземных условиях следует вести по способу аппроксимации волновых форм велосиграм с использованием эллиптических фильтров низкой частоты 2-го порядка.

4. Опасность взрывных работ на земной поверхности по фактору колебаний объектов, расположенных в зоне воздействия слабых ударных воздушных и сейсмических волн, характеризуется совместным воздействием сейсмозрывной и ударной воздушной волн, приводящим к усилению колебаний при переходе от нижней части сооружения к его крыше до 15 раз, и снижением уровня колебаний при увеличении интервала времени короткозамедленного взрывания от 20 мс до 45 мс.

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

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в разработке методологии:

- количественного прогноза скорости смещения грунта на основе классификационного критерия уровня сейсмического воздействия взрыва;
- обнаружения вторичных опасных колебаний в системе «грунт – охраняемый объект», в частности, для взрывных источников, классифицируемых как источники нормального сейсмического воздействия;
- обнаружения опасного динамического воздействия взрывных работ на наземный объект, связанная с совместным воздействием сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект.

Практическая значимость результатов диссертации состоит:

- получена классификация взрывных источников по степени опасности их сейсмического воздействия;
- установлен критерий безопасного ведения взрывных работ в случае выявления

вторичных источников колебаний в системе «грунт – охраняемый объект»;

- разработан способ обеспечения безопасности охраняемого объекта при наличии совместного воздействия на него сейсмозрывных и ударных воздушных волн.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты рекомендуется использовать на предприятиях, ведущих разработку полезных ископаемых с применением взрывных работ в условиях плотной застройки; в высших учебных заведениях, выпускающих горных инженеров; в профильных проектных организациях.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Используются несистемные единицы измерения колебательной скорости: см/с.

2. Известно, что критерием сейсмической опасности взрывов в Российской Федерации является максимальная векторная скорость смещения грунта в основании охраняемых объектов. В диссертации наряду с упомянутым критерием используются и другие критерии как пиковое значение скорости, пиковое значение модуля скорости.

3. В диссертации (стр. 155) указано: увеличение линии наименьшего сопротивления с 2,0 м до 2,6 м приводит к уменьшению удельного расхода взрывчатого вещества и «позволяет минимизировать сейсмическое воздействие технологических взрывов на охраняемый объект». Это неверный вывод, с увеличением линии наименьшего сопротивления сейсмическое действие взрыва увеличивается, что экспериментально доказано в работе Цейтлина Я.И., Смолия Н.И. «Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов» и теоретически в работах Тюпина В.Н.

4. Из материалов диссертации не понятно как можно прогнозировать скорость колебаний по коэффициенту сейсмичности и показателю затухания, если при проведении различных массовых взрывов меняется число групп короткозамедленно взрываемых зарядов, интервал замедления, диаметр скважин, скорость детонации взрывчатого вещества? Как прогнозировать скорость колебаний в различных направлениях относительно сторон взрываемого блока?

Приведенные замечания не снижают положительной оценки рассматриваемой диссертационной работы Холодилова А.Н. и носят рекомендательный характер.

8. Заключение по диссертации

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», 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.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры прикладной геологии и
горного дела

Тюпин Владимир Николаевич

Личную подпись удостоверяю Ведущий специалист по кадрам департамента управления персоналом	<i>Тюпин В. Н.</i>
	<i>Владимир Николаевич</i>
	« 04 » 11 20 23 г.

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Почтовый адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, д.85

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

эл. почта: tyupinvn@mail.ru

телефон: + 7 (4722) 30-12-11