

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19.12.2023 № 21

О присуждении Холодилову Андрею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 14.09.2023, протокол заседания № 18, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 155 адм.

Соискатель, Холодилов Андрей Николаевич, 28 августа 1969 года рождения диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Инфракрасная Фурье-спектроскопия полупроводниковых структур с тонкими слоями ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$, $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}/\text{BaF}_2$, пористый кремний)» защитил в 1995 году, в диссертационном совете К 063.36.10, созданном на базе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

Работает доцентом кафедры взрывного дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре взрывного дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор **Господариков Александр Петрович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра высшей математики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Закалинский Владимир Матвеевич, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, отдел Проблем геомеханики и разрушения горных пород (отдел № 5), ведущий научный сотрудник;

Тюпин Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», кафедра прикладной геологии и горного дела, профессор;

Джигрин Анатолий Владимирович, доктор технических наук, ООО «Геотехнология-взрывозащита», генеральный директор; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**, Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Винниковым Владимиром Александровичем, доктором физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой Физических процессов горного производства и геоконтроля и Пугачем Александром Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом той же кафедры и утвержденным Филоновым Михаилом Рудольфовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что установлены закономерности между коэффициентом сейсмичности и показателем затухания сейсмозрывных волн; обоснованы вид и параметры статистических распределений коэффициента сейсмичности и показателя затухания сейсмозрывных волн; доказано существование дополнительных источников колебаний вблизи оснований наземных сооружений при подземном взрывании и установлен критерий безопасного ведения взрывных работ в этом случае; выявлены условия возникновения совместного воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект при взрывании на карьере и способ предупреждения этого явления; предложены способы оперативной оценки уровня сейсмического воздействия взрывных работ на основе квалификационного критерия.

Соискатель имеет 57 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ, 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 (далее – Перечень ВАК), в 5 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 26,4 печатных листов, в том числе 15,8 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Парамонов, Г.П. Разработка технологий и мер снижения воздействия сейсмических и ударных воздушных волн на окружающую среду, здания и сооружения при производстве взрывных работ на горных предприятиях /

Г.П. Парамонов, В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов, **А.Н. Холодилов** // Записки Горного института. – 2004. – Т.158. – С.160-162. (ВАК, ред. 2001-2005).

Соискателем проведены исследования воздействия сейсмозрывных волн на жилые здания г. Каменногорск Ленинградской области и воздействия ударных воздушных волн на жилые здания п. Кузнечное Ленинградской области.

2. Парамонов, Г.П. Новый метод оценки предельных значений раскачки зданий при воздействии на них сейсмических и воздушных ударных волн / Г.П. Парамонов, В.А. Артемов, **А.Н. Холодилов**, Е.Ю. Виноградова // Записки Горного института. – 2005. – Т.166. – С.156-159. (ВАК, ред. 2001-2005).

Соискателем разработана измерительная установка на основе цифрового осциллографа TDS3034B и полупроводниковых датчиков давления новейшего поколения MPX2010 для регистрации параметров ударных воздушных волн и апробирован способ прогнозирования воздействия ударных воздушных волн от массовых взрывов на комплекс промышленных зданий для условий Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО).

3. **Холодилов, А.Н.** Проблемы обеспечения сейсмической безопасности при строительстве транспортных тоннелей / **А.Н. Холодилов**, С.Г. Гендлер, Е.Ю. Виноградова, А.С. Шиляев // Записки Горного института. – 2007. – Т.171. – С.229-232. (ВАК, ред. 01.01.2007).

Соискателем разработан способ определения параметров в формуле М.А. Садовского для скорости смещения сейсмических волн по результатам измерений в одной точке велосиграмм сейсмических колебаний от последовательных короткозамедленных взрывов.

4. Ковалевский, В.Н. Сравнительный анализ взрывных работ, проводимых на карьерах строительных материалов в Финляндии и России / В.Н. Ковалевский, **А.Н. Холодилов** // Записки Горного института. – 2007. – Т.171. – С.192-194. (ВАК, ред. 01.01.2007).

Соискателем проведен сравнительный анализ основных параметров буровзрывных работ, проводимых на карьерах строительных материалов в Российской Федерации и Финляндии, и установлена связь между диаметром взрывных скважин и удельным расходом взрывчатого вещества.

5. Артемов, В.А. Оценка влияния взрывных работ на людей, находящихся в наземных сооружениях / В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов, Г.П. Парамонов, **А.Н. Холодилов** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №55. – С.410-414. (ВАК, ред. 01.01.2007).

Соискателем проведено моделирование амплитудно-частотных спектров колебаний обогатительной фабрики № 16 Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО) вблизи основания и верхней части здания для условий воздействий по факторам сейсмозрывных и ударных воздушных волн от массовых взрывов, выявлена перестройка колебательных мод при переходе от нижней части здания к его верхней части, связанная с раскачкой здания.

6. **Холодилов, А.Н.** Способ оценки параметров сейсмического действия массового взрыва на карьере по результатам измерений в одной точке / **А.Н. Холодилов, А.С. Шияев** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №88. – С.245-248. (ВАК, ред. 01.01.2007).

Соискателем проведено моделирование огибающей модуля вектора скорости смещения грунта от массового взрыва для условий Коршуновского железорудного месторождения и установлены границы достоверного определения сейсмобезопасной массы взрывчатого вещества по результатам измерений в одной точке.

7. **Артемов, В.А.** Исследование сейсмобезопасных условий производства массовых взрывов на руднике ОАО «Ново-Широкинский рудник» / **В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов, А.Н. Холодилов, С.В. Густов, Н.Я. Щербаков** // Взрывное дело. – 2011. – №105/62. – С.239-252. (ВАК, № 545 ред. 25.02.2011).

Соискателем проведены измерения и статистическая обработка результатов воздействия сейсмозрывных волн от технологических взрывов на охраняемый объект, установлен дополнительный комплекс сейсмических колебаний, нехарактерный для обычных условий регистрации велосиграмм.

8. **Артемов, В.А.** Методические основы оценки сейсмического действия массовых взрывов по результатам анализа сейсмозрывных продольных и поверхностных волн / **В.А. Артемов, Г.П. Парамонов, А.Н. Холодилов** // Взрывное дело. – 2012. – №108/65. – С.287-296. (ВАК, № 582 ред. 25.05.2012).

Соискателем проведены измерения параметров сейсмозрывных волн для условий гранитного карьера «Вуокса», предложен способ определения коэффициента сейсмичности и показателя затухания сейсмозрывных волн по результатам вычисления скоростей распространения сейсмозрывных продольных и поверхностных волн.

9. **Холодилов, А.Н.** Методические основы выбора линии наименьшего сопротивления при взрывной отбойке горных пород на основе данных акселерометрии / **А.Н. Холодилов, В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №5. – С.314-318. (ВАК, № 713 ред. 25.05.2012).

Соискателем проведены измерения в ближней зоне воздействия сейсмозрывных волн, предложена формула для определения линии наименьшего сопротивления на основе параметров, входящих в формулу М.А. Садовского.

10. **Холодилов, А.Н.** Методология оценки сейсмической безопасности массовых взрывов, производимых на подземных рудниках, вблизи надшахтных сооружений / **А.Н. Холодилов, А.П. Господариков** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – №2. – С.320-328. (ВАК, № 508 ред. 01.12.2015)

Соискателем проанализировано влияние поверхностных сейсмозрывных волн, распространяющихся по горным выработкам, на сейсмическое действие взрыва, предложен новый критерий оценки сейсмической безопасности охраняемых объектов.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

11. **Kholodilov, A.** A new approach in seismic safety evaluation for blasting operations performed by Russian mining companies / **A. Kholodilov**, A. Gospodarikov, A. Miasnikov // 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. Conference Proceedings (Albena, 17-26 June 2014). – Bulgaria: STEF92 Technology Ltd, 2014. – Vol.3. – P.3-9.

Соискателем получена функциональная связь между показателем затухания сейсмозрывных волн и коэффициентом сейсмичности, входящих в формулу М.А. Садовского.

12. Belin, V.A. Methodical principles of prediction of seismic effect due to large-scale blasting / V.A. Belin, **A.N. Kholodilov**, A.P. Gospodarikov // Gornyi Zhurnal. – 2017. – No 2. – P.66-69.

Соискателем обобщены результаты ранее проведенных исследований воздействий сейсмозрывных волн на охраняемые объекты, развито экспериментальное обоснование функциональной связи между показателем затухания сейсмозрывных волн и коэффициентом сейсмичности, входящих в формулу М.А. Садовского.

13. **Kholodilov, A.N.** Modeling Seismic Vibrations under Massive Blasting in Underground Mines / **A.N. Kholodilov**, A.P. Gospodarikov // Journal of Mining Science. – 2020. – V.56. – P.29-35.

Соискателем предложена теоретическая модель, позволяющая из анализа велосиграм, зарегистрированных на земной поверхности при подземном взрывании, выявлять сейсмическую активность, являющуюся продолжением сейсмических колебаний после прекращения взрывного воздействия, рассмотрены предпосылки возникновения резонансного возбуждения в системе «породный массив – охраняемый объект» и проведено прогнозирование сейсмического воздействия взрывных работ.

14. **Kholodilov, A.N.** Method for forecasting of surface facilities vibrations reasoned by impulse action of air shock waves / **A.N. Kholodilov**, Yu.I. Vinogradov // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2021. – No 2. – P.55-63.

Соискателем разработан практический метод определения основных параметров колебательных мод наземных объектов при импульсном воздействии ударных воздушных волн, проведена апробация метода путем исследования воздействия импульсов ударных воздушных волн от взрывных работ по утилизации боеприпасов на жилой дом.

15. **Kholodilov, A.N.** Procedural framework for explosion classification by the load criterion / **A.N. Kholodilov**, A.P. Gospodarikov, A.A. Eremenko // Gornyi Zhurnal. – 2021. – No 5. – P.98-102.

Соискателем проведен анализ отечественных и зарубежных научных работ относительно параметров, входящих в формулу М.А. Садовского, для широкой географии ведения взрывных работ, разработана количественная классификация взрывов по степени их опасности как источников по сейсмическому воздействию.

Публикации в прочих изданиях:

16. Парамонов, Г.П. К оценке влияния взрывных работ на здания и сооружения, расположенные вблизи промышленной зоны карьера / Г.П. Парамонов, В.А. Артемов, **А.Н. Холодиллов** // Физические проблемы разрушения горных пород: труды IV-й Международной научной конференции (Москва, 18-22 октября 2004 г.). – М.: ИПКОН РАН, 2005. – С. 399-402.

Соискателем проанализированы риски при ведении взрывных работ, представлена методика оценки уровня комплексного воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект.

17. **Холодиллов, А.Н.** Технические средства мониторинга параметров воздушных ударных волн / **А.Н. Холодиллов**, В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 9-й международной научно-практической конференции (Воркута, 6-8 апреля 2011 г.). – Воркута: Филиал СПГГИ(ТУ) «Воркутинский горный институт», 2011. – С.209-210.

Соискателем проанализированы технические характеристики датчиков давления для регистрации параметров ударных воздушных волн.

18. Артемов, В.А. Проблемы обеспечения сейсмической безопасности надшахтных сооружений при проведении подземных массовых взрывов / В.А. Артемов, Ю.И. Виноградов, **А.Н. Холодиллов** // Проблемы и тенденции рационального и безопасного освоения георесурсов: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 50-летию Горного института КНЦ РАН (Апатиты, 12-15 октября 2010 г.). – Апатиты, СПб, 2011. – С.165-168.

Соискателем проведен анализ проблем сейсмической безопасности надшахтных сооружений при проведении технологических взрывов.

19. **Kholodilov, A.N.** Increase of Reliability of the Estimation of Seismic Safety of Ground Constructions of the Mountain Enterprises, Leaders Explosive Works / **A.N. Kholodilov** // Proceedings of the 7th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction (Xiamen, August 10-13, 2011). – China: Metallurgical Industry Press, 2011. – P.445-447.

Соискателем предложен способ определения коэффициента сейсмичности и показателя затухания с использованием формулы В.Ф. Богацкого.

20. **Холодилов, А.Н.** Повышение надежности прогноза сейсмического действия промышленных взрывов / **А.Н. Холодилов** // «Взрывная технология. Эмпирика и теория. Достижения. Проблемы. Перспективы» - Международная научно-практическая конференция: материалы конференции (27-28 октября 2011 г.). – Тула: ТулГУ, 2011. – С.69-74.

Соискателем предложен способ определения задержки распространения продольной сейсмозрывной волны относительно пунктов регистрации сейсмических колебаний с использованием линейных аппроксимаций вступлений сейсмозрывных волн.

21. **Холодилов, А.Н.** Минимизация ущерба от дальнедействующих факторов промышленных взрывов / **А.Н. Холодилов** // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 10-й международной научно-практической конференции (Воркута, 11-13 апреля 2012 г.). – Воркута: Филиал НСМУ «Горный» «Воркутинский горный институт», 2012. – Т.2. – С.295-297.

Соискателем охарактеризованы проблемы воздействия слабых сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемые объекты и рассмотрены пути минимизации этих воздействий.

22. **Холодилов, А.Н.** Проблемы обеспечения безопасности по сейсмическому и воздушно-ударному факторам промышленных взрывов / **А.Н. Холодилов** // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 8-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики: материалы конференции (1-2 ноября 2012 г.). – Тула: ТулГУ, 2012. – Т.1. – С.284-288.

Соискателем рассмотрены причины возникновения эффекта сильных колебаний охраняемого объекта при последовательном воздействии на него сейсмозрывных и ударных воздушных волн и приведено технологическое решение, позволяющее устранить этот эффект.

23. **Холодилов, А.Н.** Методология оценки сейсмической безопасности массовых взрывов, производимых на подземных рудниках вблизи надшахтных сооружений / **А.Н. Холодилов** // «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование». Международная научно-практическая конференция, посвященная 110-летию горного факультета: тезисы докладов (Санкт-Петербург, 28-29 октября 2015 г.). – СПб: НМСУ, 2015. – С.74.

Соискателем проведен анализ причин аварийного обрушения кирпичной кладки надшахтного сооружения после проведения подземного массового взрыва.

24. **Холодилов, А.Н.** Методология оперативного прогнозирования сейсмического действия массовых взрывов / **А.Н. Холодилов** // Инновационное развитие горнодобывающей отрасли - II-я Международная научно-техническая интернет-конференция: тезисы докладов (Кривой Рог, 14 декабря 2017 г.). – Кривой Рог: Криворожский национальный университет, 2017. – С.216.

Соискателем рассмотрены пути решения проблемы оперативного прогноза воздействия сейсмозрывных волн на охраняемые объекты.

25. Холодилов, А.Н. Современные методы прогнозирования динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты / **А.Н. Холодилов** // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование - IV Международная научно-практическая конференция: тезисы докладов (Санкт-Петербург, 26-28 октября 2021 г.). – СПб: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С.36.

Соискателем изложены основные положения диссертационной работы.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660214 Российская Федерация. Расчет критической массы заряда для охраняемых объектов: № 2017617172; заявл. 21.07.2017; опубл. 19.09.2017. / Ишейский В.А., Звонарев И.Е., **Холодилов А.Н.**; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработана блок-схема программы для ЭВМ.

27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614973 Российская Федерация. Программа для моделирования сейсмического воздействия вблизи оснований наземных охраняемых объектов с учетом структурных особенностей массива при подземных взрывах: № 2023613697; заявл. 02.03.2023; опубл. 09.03.2023. / **Холодилов А.Н.**, Ковалевский В.Н., Рядинский Д.Э.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработана блок-схема программы для ЭВМ.

28. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616009 Российская Федерация. Программа для моделирования колебательного спектра зданий при воздействии на них воздушной ударной волны: № 2023613987; заявл. 03.03.2023; опубл. 21.03.2023. / **Холодилов А.Н.**, Ковалевский В.Н., Рядинский Д.Э.; заявитель и правообладатель Горный университет.

Апробация работы проведена на следующих семинарах и конференциях (за последние 10 лет):

1. Закономерности динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты. XXXI Международный научный симпозиум «Неделя горняка-2023», 30 января – 3 февраля 2023 г., Москва.

2. Современные методы прогнозирования динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты. IV Международная научно-практическая конференция: Санкт-Петербургский горный университет, 26-28 октября 2021 г., Санкт-Петербург.

3. Методика прогнозирования колебаний наземных объектов при импульсном воздействии воздушных ударных волн. XXVIII Международный научный симпозиум «Неделя горняка-2020» 27-31 января 2020 г., Москва.

4. Методология оперативного прогнозирования сейсмического действия массовых взрывов. II-я международная научно-техническая конференция «Инновационное развитие горнодобывающей отрасли», 14 декабря 2017 г., Кривой Рог, Украина.

5. Методология оценки сейсмической безопасности массовых взрывов, производимых на подземных рудниках вблизи надшахтных сооружений. «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование». Международная научно-практическая конференция, посвященная 110-летию горного факультета: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 28-29 октября 2015 г., Санкт-Петербург.

6. A new approach in seismic safety evaluation for blasting operations performed by Russian mining companies. 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, 17-26 June 2014, Bulgaria.

В диссертации Холодилова Андрея Николаевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего лабораторией природной и техногенной сейсмичности Горного института Уральского отделения Российской академии наук – филиала ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН; к.т.н. **Д.Ю. Шулакова**; заведующего сектором экспертизы зданий и сооружений Новационной фирмы «КУЗБАСС-НИИОГР», к.т.н. **А.Г. Новинькова** и технического эксперта той же фирмы, к.т.н., доцента **П.А. Самусева**, и директора той же фирмы, к.т.н., доцента **С.И. Протасова**, и научного консультанта той же фирмы, д.т.н., профессора **В.А. Портолы**; заведующего лабораторией разрушения горных пород, ведущего научного сотрудника ФГБУН Института горного дела УрО РАН, к.т.н. **С.Н. Жарикова**; главного технолога ООО по проектированию предприятий угольной промышленности «СПб-Гипрошахт», д.т.н., с.н.с. **С.П. Решетняка**; заведующего кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», к.т.н., доцента **А.Н. Никулина** и доцента той же кафедры, к.т.н., доцента **А.С. Глуханова**; главного научного сотрудника лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий Института машиноведения и металлургии ДВО РАН, члена-корреспондента РАН, д.ф.-м.н., профессора **А.А. Буренина**; директора ООО «Промтехвзрыв», к.т.н. **В.В. Пупкова** и главного инженера проекта ООО «Промтехвзрыв», д.т.н. **М.И. Ганопольского**; заведующего отделом перспективных исследований ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», к.т.н. **А.С. Софьина**; заведующего лабораторией вычислительных и геоинформационных технологий Научно-образовательного и инновационного центра системных

исследований и автоматизации ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», д.т.н., профессора **Ж.Г. Дамбаева** и директора научно-образовательного и инновационного центра системных исследований и автоматизации того же университета, д.ф.-м.н., профессора **А.С. Булдаева**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность темы, научная новизна и практическая значимость проведенных исследований, степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако содержатся следующие замечания:

1. Поскольку представленная работа относится к прикладным исследованиям, на наш взгляд, следовало бы более подробно обосновать практическую необходимость ее использования с учетом обязательности требований Федеральных норм и правил «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» (ФНП). Так как ФНП является документом прямого обязательного действия, взрывники обязаны следовать этому нормативному документу. Использование иных методов определения сейсмобезопасных расстояний допускается только в случаях, оговоренных в п. 795 и п. 808 ФНП (к.т.н. **А.Г. Новиньков**, к.т.н. **П.А. Самусев**, к.т.н. **С.И. Протасов**, д.т.н. **В.А. Портола**).

2. В формуле (7) на стр. 17 автореферата параметр затухания зависит только от коэффициента сейсмичности. Однако не показано, как приведенный в автореферате вид данной зависимости согласуется с результатами других исследований, в которых параметр затухания зависит, например, от приведенного расстояния [например, **Богацкий В.Ф.**, **Пергамент В.Х.** Сейсмическая безопасность при взрывных работах, М.: Недра, 1978, с.103, ф.35]. Именно сопоставление прогнозных оценок, полученных из экспериментальных исследований для иных горнопромышленных площадок, позволяет судить об определенной универсальности заявленных оценок. В противном случае, нет оснований говорить о влиянии на параметр затухания только одного фактора – коэффициента сейсмичности (к.т.н. **А.Г. Новиньков**, к.т.н. **П.А. Самусев**, к.т.н. **С.И. Протасов**, д.т.н. **В.А. Портола**).

3. На стр. 15-16 автореферата для сопоставления прогнозных и зарегистрированных скоростей колебаний используется низкочастотный цифровой фильтр. Однако не приведено обоснование его выбора. Кроме того, использование цифровых фильтров может занижать значения пиковых скоростей колебаний при последующем возврате из частотного во временной домен. Для компенсации этого явления, например, могут использоваться поправочные коэффициенты или иные процедуры. Кроме того, даже при взрыве одиночной скважины спектр частот может содержать значительные по амплитуде высокочастотные составляющие. Было бы нагляднее, если бы в автореферате были приведены исходные спектры частот колебаний для

зарегистрированных велосиграмм и показано, что частота среза лежит выше доминирующих частот колебаний. Возможно, обоснование необходимости применения цифровых фильтров данного типа более подробно приведено в тексте самой диссертации или в сопутствующих статьях, но в тексте автореферата обоснование отсутствует (**к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола**).

4. В табл.1, стр. 19 автореферата приведены оценки параметров a и b , находящихся с вероятностью 95% в указанных в данной таблице интервалах. Эти интервальные оценки приводятся для каждого Δn , при этом число точек в выборках колеблется от 29 до 82. Однако в соответствии с практикой статистических оценок, для каждой доверительной вероятности существует минимальный объем выборки, который должен быть не менее определенного значения. Приведем цитату: *«...Очень часто доверительные погрешности рассчитывают, вводя ничем не обоснованное предположение о том, что вид закона распределения погрешностей будто бы точно известен. В частности, используют прием, заключающийся в вычислении по не большой выборке в 20-30 отсчетов среднего квадратического отклонения, а затем указывают погрешность с доверительной вероятностью 0,997. При малом числе отсчетов (20-30) какие-либо сведения о ходе кривой (распределения) в области (столь далеких) квантилей отсутствуют, и утверждения о ходе кривой распределения в этой неисследованной области лишены всяких оснований»* [Ю.Р. Чашкин. Математическая статистика. Анализ и обработка данных. Изд. 2 Ростов н/Д: Феникс. 2010, с.55]. В этой же книге в табл. 2.1 приводится минимальный объем выборки для доверительной вероятности 0,95, который составляет 80 точек. На наш взгляд, в автореферате должно быть указано, что интервальные оценки указанных параметров являются предварительными и должны быть уточнены при последующих испытаниях (**к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола**).

5. Не прописаны критерии отнесения взрывных работ к тому или иному источнику сейсмического воздействия при сочетании признаков, относящихся к разным группам (стр. 20-21). Например, в случае взрывания больших блоков с малой массой взрывчатого вещества в серии (**к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола**).

6. В качестве точечной оценки коэффициента сейсмичности используется сокращенная формула В.Ф. Богацкого (стр. 16, ф.5 автореферата). Однако приведенное выражение не учитывает поправки на отличие жесткости коренных пород от жесткости грунтовых массивов под защищаемыми зданиями и сооружениями. В общем случае формула В.Ф. Богацкого учитывает этот фактор (см., например, [В.Ф. Богацкий, В.Х. Пергамент. Сейсмическая безопасность при взрывных работах, М.: Недра, 1978, стр.103, ф.35]). Возможно, в тексте самой диссертации или сопутствующих статьях приводятся характеристики грунтового основания в

точках регистрации сейсмических колебаний, позволяющие не учитывать такую поправку. Однако в тексте автореферата это пояснение отсутствует (к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола).

7. В табл. 2 на стр.21 автореферата, по-видимому, перепутаны местами столбцы для средних и медианных значений оценок коэффициента сейсмичности соответственно. Во всяком случае, $e^{5,23} = 186,8$ (а не 390,0), $e^{5,40} = 221,4$ (а не 375,0) (к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола).

8. В табл. 3 автореферата приведены параметры взрывов, при этом не отмечено какие системы инициирования применялись при этих взрывах, и для каких систем инициирования в работе делается прогноз динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты (к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола).

9. На стр. 27 автореферата (ф. 22) общее решение для скорости колебаний (суммарная реакция сооружения по отдельным формам колебаний) представлено в виде алгебраической суммы реакций сооружения по отдельным формам колебаний (модам). Однако такой подход применим только к стационарным процессам, например, при расчете сооружений на гармонические воздействия от технологических нагрузок. При переходных процессах (к таким относятся непродолжительные воздействия от пульсации ветра, а также сейсмические воздействия) для определения суммарной реакции сооружения используется правило «корень квадратный из суммы квадратов», в основе которого неявно лежит пониженная вероятность одновременного достижения максимумов реакции по всем модам во время непродолжительного воздействия. Это правило закреплено в СП 20.13330.2016 с изм. 1-4 «Нагрузки и воздействия», п.11.1.9, а также в СП 14.13330.2018 с изм. 2 «Строительство в сейсмических районах», п.5.11 (к.т.н. А.Г. Новиньков, к.т.н. П.А. Самусев, к.т.н. С.И. Протасов, д.т.н. В.А. Портола).

10. Степень достоверности представленных результатов по материалам автореферата оценивать затруднительно потому, что не приведены в полной мере данные, на которых основано моделирование (к.т.н. С.Н. Жариков).

11. В тексте автореферата присутствуют смысловые разрывы (к.т.н. С.Н. Жариков).

12. В доказательстве первого научного положения нет отчетливого указания на то, что же все-таки является классификационным критерием, а также какая форма классификации получается в целом. И самое важное, чем обосновано отнесение колебаний к классу или категории (к.т.н. С.Н. Жариков).

13. Второе научное положение. Из автореферата не ясно как взрывы относились к источникам пониженного, нормального и повышенного

воздействия. Если применялась регрессия, то данный подход вызывает большие сомнения (**к.т.н. С.Н. Жариков**).

14. Таблица 2 автореферата не выражает какую-либо смысловую нагрузку, возле нее явно не хватает соответствующего текста с описанием и пояснением (**к.т.н. С.Н. Жариков**).

15. Четвертое научное положение сформулировано не конкретно. Соответственно крайне затруднительно оценить его спорность и потом доказанность (**к.т.н. С.Н. Жариков**).

16. Не приводятся конкретные рекомендации по радиусам опасных зон для охраняемых объектов (**д.т.н. С.П. Решетняк**).

17. Рисунки 1 и 2, иллюстрирующие связь между показателем затухания и коэффициентом сейсмичности, построены в разных масштабах по горизонтальной оси (линейном и логарифмическом) (**д.т.н. С.П. Решетняк**).

18. Судя по автореферату, в работе исследуются взрывные работы, производимые на горнодобывающих предприятиях, однако, не говорится о классах опасности этих горнодобывающих предприятий как опасных производственных объектах (**к.т.н. А.Н. Никулин, к.т.н. А.С. Глуханов**)?

19. В задачах прогноза опасных воздействий на здания (сооружения) важно производить оценку риска нанесения ущерба определенного уровня, однако, в автореферате нет указаний на этот счет (**к.т.н. А.Н. Никулин, к.т.н. А.С. Глуханов**).

20. На странице 16 автореферата в расшифровке параметров, входящих в формулу (5), не указана размерность масштабного коэффициента – A (**к.т.н. А.С. Софьин**).

21. В автореферате отсутствуют пояснения, что понимается под слабыми ударными воздушными и сейсмическими волнами (четвертое научное положение, стр. 26) (**к.т.н. А.С. Софьин**).

22. В четвертом научном положении речь идет о том, что совместное воздействие сейсмозрывных и ударных воздушных волн снижается «при увеличении интервала времени короткозамедленного взрывания от 20 мс до 45 мс». Возможно ли усиление совместного воздействия при больших интервалах замедления (**д.т.н. Ж.Г. Дамбаев, д.ф.-м.н. А.С. Булдаев**)?

23. Согласно второму научному положению установлены интервальные границы между сейсмическими источниками повышенного воздействия и нормального воздействия, нормального и пониженного воздействия, которые носят статистический характер. Однако, судя по автореферату, отсутствуют оценки достоверности этих границ (**д.т.н. Ж.Г. Дамбаев, д.ф.-м.н. А.С. Булдаев**).

24. В пункте 11 Заключения (стр. 35 автореферата) речь идет о перспективе создания теории резонансных явлений в системе «грунт - охраняемый объект» на основе методов квантово-механического формализма. Что имеет в виду автор диссертационной работы (**д.т.н. Ж.Г. Дамбаев, д.ф.-м.н. А.С. Булдаев**)?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием тематик научной и практической деятельности, высоким профессиональным авторитетом в области разрушения горных пород взрывом, наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях в сфере исследований диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция прогноза сейсмического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты на основе классификационного критерия уровня сейсмического воздействия; **новая научная идея**, заключающаяся в обнаружении дополнительных колебаний в системе «грунт - охраняемый объект» по результатам анализа серии опытных взрывов и прогнозе пиковой скорости смещения грунта в основании наземного объекта при отклонении от проектных значений времен короткозамедленного взрывания при подземной разработке полезных ископаемых;

предложены подходы к установлению функциональной связи между коэффициентом сейсмичности и показателем затухания сейсмозрывных волн и классификации на ее основе взрывов как источников сейсмического воздействия;

доказаны наличие пространственных и временных закономерностей скорости смещения грунта при ведении взрывных работ на карьерах; перспективность использования эллиптического фильтра 2-го порядка для аппроксимации огибающей велосиграммы и аппроксимации волновой формы велосиграммы в задачах прогноза уровня сейсмического воздействия промышленных взрывов на охраняемые объекты;

введены новые понятия: классификационный критерий уровня сейсмического воздействия взрыва, взрывы как сейсмические источники повышенного, нормального и пониженного воздействий;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о динамическом воздействии взрывных работ на охраняемые объекты, а именно:

– линейная зависимость показателя затухания сейсмозрывных волн от логарифма коэффициента сейсмичности, позволяющая повысить надежность прогноза сейсмической безопасности;

– классификационные критерии оценки опасности взрывов как сейсмических источников повышенного, нормального и пониженного воздействий;

– условия возникновения опасных резонансных явлений в системе «грунт - охраняемый объект» при короткозамедленном взрывании, как при воздействии сейсмозрывных волн, так и при совместном воздействии сейсмозрывных и ударных воздушных волн на охраняемый объект;

использованы экспериментальные методики для регистрации и обработки сейсмозрывных и ударных воздушных волн, математические методы

статистической обработки экспериментальных данных и цифровой фильтрации сигналов;

изложены элементы теорий совместного определения коэффициента сейсмичности и показателя затухания, волновой формы велосиграммы, определения колебательных мод наземного объекта при импульсном воздействии на него ударных воздушных волн; положения классификации промышленных взрывов как сейсмических источников;

раскрыты недостатки существующих подходов прогнозирования динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты;

изучены причины отклонений от функциональной зависимости между показателем затухания сейсмозрывных волн и коэффициентом сейсмичности; причинно-следственные связи формирования интенсивных колебательных мод охраняемого объекта при совместном воздействии на него сейсмозрывных и ударных воздушных волн;

проведена модернизация формулы для прогноза скорости смещения грунта с учетом функциональной связи между коэффициентом сейсмичности и показателя затухания сейсмозрывных волн; выражения для скорости смещения грунта в случае многофакторного анализа коэффициента сейсмичности и показателя затухания сейсмозрывных волн;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены результаты экспериментально-теоретических исследований (проведенных в рамках научно-исследовательских работ) по корректировке параметров буровзрывных работ, обеспечивающих допустимый уровень динамического воздействия на охраняемые объекты без снижения производительности взрывоподготовки горной массы, при отработке месторождений Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО), ОАО «Ново-Широкинский рудник», АО «Каменногорское карьероуправление», АО «Каменногорский комбинат нерудных материалов» (ККНМ). Получен акт внедрения в АО «ЕВРАЗ ЗСМК» от 17.04.2023. Теоретические и практические результаты диссертационной работы (в том числе программы для ЭВМ: «Расчет критической массы заряда для охраняемых объектов», «Программа для моделирования сейсмического воздействия вблизи оснований наземных охраняемых объектов с учетом структурных особенностей массива при подземных взрывах», «Программа для моделирования колебательного спектра зданий при воздействии на них воздушной ударной волны») используются в учебном процессе подготовки студентов по специальности 21.05.04 «Горное дело» профилизации «Взрывное дело»;

определены перспективы практического использования теории применительно к оценке надежности прогноза динамического воздействия взрывных работ на здания и сооружения, позволяющие своевременно выявлять опасности, связанные с отклонениями от проектных параметров буровзрывных работ и колебаниями в системе «грунт - охраняемый объект»;

создана система практических рекомендаций по прогнозу динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты и управлению этим воздействием для обеспечения безопасности горнодобывающих предприятий;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методологии диссертационной работы в следующих направлениях: развитие классификации взрывов как сейсмических источников по уровню опасности воздействия на охраняемые объекты по мере получения новых данных сейсмического мониторинга взрывных работ; создание теории резонансных явлений в системе «грунт – охраняемый объект» после окончания воздействия взрывного источника на основе методов квантово-механического формализма для прогнозирования риска разрушения охраняемого объекта и районирования территории, примыкающей к зоне ведения взрывных работ, по уровню динамического воздействия на здания и сооружения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы тарировки, показана воспроизводимость результатов измерений;

теория построена с использованием современных математических методов статистической обработки экспериментальных данных и цифровой фильтрации сигналов, апробированных алгоритмов численного решения дифференциальных уравнений колебательных процессов и для предельных случаев согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на результатах анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта прогнозирования воздействия сейсмозрывных и ударных воздушных волн на здания и сооружения;

использованы авторские данные и результаты, полученные ранее по рассматриваемой тематике другими авторами;

установлена непротиворечивость результатов, полученных в диссертации и в научных исследованиях, опубликованных другими авторами в области безопасности горнодобывающих предприятий по фактору динамического воздействия взрывных работ на здания и сооружения;

использованы современные методики сбора и обработки исходных данных, включающие многоканальные сеймостанции с регистрацией параметров ударных воздушных волн, цифровые осциллографы в комплекте с сейсмическими датчиками и специализированное аппаратное программное обеспечение;

Личный вклад соискателя состоит: во включенном участии на всех этапах работы над диссертацией, в формулировке цели и решении задач для ее достижения; анализе результатов предшествующих исследований и разработок; разработке теоретических моделей совместного определения коэффициента сейсмичности и показателя затухания, аппроксимации

волновых форм велосиграмм, определении колебательных мод наземного объекта при воздействии на него импульса ударной воздушной волны; проведении полигонных и промышленных измерений; получении основных теоретических и практических результатов в области динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты; подготовке публикаций по результатам исследований; анализе и обобщении материалов, представленных в публикациях, выполненных в соавторстве; апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Холодилов А.Н. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

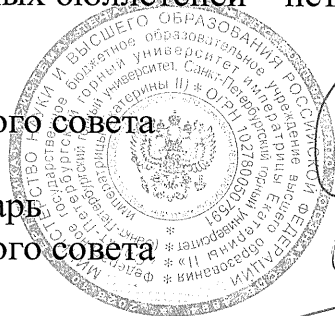
На заседании 19 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить **Холодилову А.Н.** ученую степень доктора технических наук за решение научной проблемы по прогнозу динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты, имеющее важное значение для повышения безопасности ведения взрывных работ на предприятиях минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

19.12.2023 г.



Протосеня
Анатолий Григорьевич

Афанасьев
Павел Игоревич