

Отзыв  
на автореферат диссертации  
**Холодилова Андрея Николаевича**

**«Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Диссертационная работа Холодилова Андрея Николаевича «Научные основы прогноза динамического воздействия взрывных работ на охраняемые объекты» связана с дальнейшим развитием методов прогноза динамического воздействия взрывных работ на промышленные и гражданские объекты, находящиеся вблизи зоны ведения взрывных работ на карьерах, шахтах и подземных рудниках.

Тема диссертации, безусловно, **актуальна**. В настоящее время разработаны достаточно надежные методы прогноза пиковых скоростей колебаний, базирующиеся на вероятностной основе, и в этом отношении максимально увязанные с нормативными подходами к проектированию защищаемых строительных объектов. Однако некоторые задачи горновзрывного дела, связанные с обеспечением безопасности при ведении взрывных работ, пока еще не имеют надежных и подтвержденных длительной практикой методов решения. Работа соискателя как раз направлена на развитие методов прогноза сейсмического действия и воздействий от ударных воздушных волн при массовых промышленных взрывах.

**Актуальность и практическая значимость работы.** При оценке **актуальности и практической значимости анализируемой работы** следует, прежде всего, упомянуть, что автор использовал редко встречающийся подход к регистрации экспериментальных данных при короткозамедленных промышленных взрывах. Применение «модельной» функции скорости колебаний позволяет сопоставить приведенные расстояния для каждой группы зарядов свои пиковые скорости колебаний. Это позволяет резко увеличить количество экспериментальных точек (пар значений «пиковая скорость колебаний – приведенное расстояние») в пределах одного взрыва без увеличения количества сейсморегистраторов. В свою очередь, увеличение объема экспериментальных точек позволяет повысить обеспеченность доверительных интервалов. В математической статистике обеспеченность прогноза случайных величин увязывается с величиной объема экспериментальных данных. Нельзя, например, дать интервальную оценку случайной величины с доверительной вероятностью 0,95 по выборке из 30-40 точек. Используемый автором подход позволяет увеличить объем выборки без существенного увеличения стоимости работ. Конечно, этот подход имеет свои ограничения. Например, он неприменим в случае межскважинных замедлений. Но на наш взгляд, положительный опыт использования такого подхода для случая межгрупповых замедлений следовало бы упомянуть в разделе практической значимости работы.

**Научная новизна.** Несомненной новизной работы является предложенный способ оперативного обнаружения опасных колебаний в системе «грунт-сооружение» при ведении взрывных работ в подземных условиях. На конкретном примере показана возможность выявления дополнительных сейсмических источников, не связанных с «проектными» взрывами. Хотя в автореферате не приведена методика более точной идентификации самой природы этого источника, сам факт возможности выявления таких дополнительных источников сейсмического действия является крайне важным, особенно в условиях совместной (подземной и открытой) разработки полезных иско-

паемых, а также в случаях, когда взрывные работы проводятся в условиях повышенной природной сейсмичности, при наличии взрывных сейсмических воздействий со стороны соседних разрезов и шахт, в условиях возможной посадки лав, горных ударов, разрушения целиков. В современных условиях ведется непрерывный сейсмический мониторинг массовых взрывов, в частности в Кузбассе ведение взрывных работ сопровождается регистрацией сейсмических колебаний с помощью, как стационарных сейсмостанций, так и переносных геофонов. В сочетании с предложенной в диссертации методикой обнаружения дополнительных сейсмических источников, это позволяет доказательно и оперативно решать спорные вопросы, неизбежно возникающие между соседними горнодобывающими предприятиями при ведении производственной деятельности, связанной с взрывными работами.

По автореферату имеются 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). Т.к. 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.

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.

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 колебаний 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 сопутствующих статьях, но в тексте автореферата обоснование отсутствует.

4. В табл. 1, стр. 19 автореферата приведены оценки параметров  $a$  и  $b$ , находящиеся с вероятностью 95 % в указанных в данной таблице интервалах. Эти интервальные оценки приводятся для каждого  $\Delta n$ , 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 ча-

сто 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 небольшой 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  $\hat{a}$  и  $\hat{b}$  являются предварительными и должны быть уточнены при последующих испытаниях.

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.

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 виде 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.

7. В табл. 2 на стр. 21 автореферата, по-видимому, перепутаны местами столбцы  $\bar{K}$  и  $K_{\text{мед}}$  (средние и медианные значения оценок коэффициентов сейсмичности соответственно). Во всяком случае,  $e^{5,23} = 186,8$  (а не 390,0),  $e^{5,40} = 221,4$  (а не 375,0).


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.


9. На стр. 27 автореферата (ф. 22) общее решение для скорости колебаний (суммарная реакция сооружения в форме скорости колебаний) представлена 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.

Следует отметить, что все указанные замечания носят рекомендательный характер для продолжения научных исследований и их практического применения, не влияют на общую высокую оценку уровня исследований и не снижают научную значимость работы.


### Заключение

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» соответствует 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 № 953адм, а ее автор - Холодильников Андрей Николаевич - заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Кандидат технических наук, заведующий сектором экспертизы зданий и сооружений Новационной фирмы «КУЗБАСС-НИИОГР», e-mail: novinkova@mail.ru  Новиньков Алексей Геннадьевич

Кандидат технических наук, доцент, технический эксперт, e-mail: sam@kuzbass-niiogr.ru  Самусев Павел Александрович

Кандидат технических наук, доцент, директор, e-mail: protasov@kuzbass-niiogr.ru  Протасов Сергей Иванович

Доктор технических наук, профессор, научный консультант, e-mail: firma@kuzbass-niiogr.ru  Портола Вячеслав Алексеевич



Общество с ограниченной ответственностью «Фирма по разработке и реализации эффективных новаций «КУЗБАСС-НИИОГР» (Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР»).

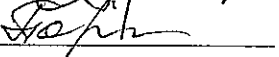
Юридический и фактический адрес: Кемерово, Пионерский б-р, стр. 3, офис 205; тел. 8(384-2)-90-19-76; e-mail: firma@kuzbass-niiogr.ru.

Почтовый адрес: 650054, Кемерово, Пионерский б-р, 4а.

Мы, Новиньков А.Г. 

Самусев П.А. 

Протасов С.И. 

Портола В.Я. 

даем согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.