

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
доктора технических наук, профессора  
Акинина Николая Ивановича

на диссертационную работу *Горинова Сергея Александровича* на тему: *«Научно-технические основы и технологии обеспечения устойчивой детонации эмульсионных взрывчатых веществ в скважинных зарядах»*, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности **25.00.20** - *«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»*

Уже более столетия во всем мире и в России, в частности, в горнорудной и добывающей промышленности практически единственным высокоэффективным способом подготовки полезных ископаемых и минерального сырья к выемке на поверхность является их разрушение с помощью энергии взрывчатого превращения промышленных взрывчатых веществ (ПВВ), большая часть которых изготавливается на местах их непосредственного использования. Этот способ, по мнению экспертов, останется востребованным в ближайшие 25-50 лет.

За последние 10-15 лет на добывающих предприятиях в значительной степени изменились номенклатура и ассортимент применяемых ПВВ: вместо порошкообразных ВВ используют гранулированные и эмульсионные ПВВ. Характерной особенностью всех этих ПВВ является наличие в их составе большого количества (90 и более %) нитрата аммония, чаще называемого аммиачной селитрой.

Гориновым С.А. выполнено диссертационное исследование на актуальную тему, суть которого состоит в создании научно-технических основ и технологии обеспечения устойчивой детонации эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) в скважинных зарядах. Особую значимость это

исследование имеет еще и потому, что в настоящее время ЭВВ является наиболее распространенными и востребованными ВВ, используемыми горно-рудной промышленностью для добычи полезных ископаемых и минерально-сырьевых ресурсов.

ЭВВ являются многокомпонентными гетерогенными системами с достаточно сложным агрегатным состоянием, влияние которых на комплекс свойств таких ВВ еще изучено не в полной мере. Следует отметить, что ЭВВ свойственна замедленная кинетика физикохимического взаимодействия в зоне реакций в детонационной волне, в сравнении с этими процессами для индивидуальных ВВ.

Таким образом, данные обстоятельства не позволяют описывать происходящие в ЭВВ детонационные процессы, исходя из положений классической теории детонации.

Поэтому рассмотренная в диссертации проблема разработки методологии, приемов, способов и технологии обеспечения устойчивой детонации ЭВВ является важной, актуальной и своевременной.

Работа, несомненно, обладает научной новизной, которая заключается, по моему мнению, в следующем:

разработана физико-математическая модель детонации ЭВВ;  
разработана методика расчета детонационных параметров ЭВВ, учитывающая рецептурный состав, плотность эмульсии, плотность ЭВВ, радиус сенсibiliзирующих пор, размер частиц дисперсной фазы эмульсии, а также параметры инициирующего воздействия;

установлены особенности распространения детонационной волны по скважинному заряду ЭВВ;

сформулированы условия, при которых реализуется устойчивое распространение детонационной волны по скважинному заряду ЭВВ;

получены зависимости для определения параметров промежуточных детонаторов (ПД) для инициирования ЭВВ, в которых учтены

детонационные и геометрические характеристики ПД, а также рецептурно-микроструктурные параметры ЭВВ. Полученные автором решения подтверждаются экспериментальными данными. В совокупности полученные результаты являются научным вкладом в развитие теории детонации многокомпонентных ВВ.

На основании исследований автором предложены технологии формирования и взрывания скважинных зарядов, обеспечивающие условия прохождения детонации по всей длине зарядов.

*Практическая значимость* исследования заключается в том, что предложены методы расчета плотности, рецептуры, микроструктуры, а также параметров и месторасположения ПД, обеспечивающие прохождение детонации по всей колонке скважинного заряда ЭВВ, что нашло практическое применение при ведении взрывных работ на карьере ОАО «Ураласбест»;

разработаны рекомендации по применению удлиненных эмульсионных ПД, в которых учитываются рецептурные, микроструктурные характеристики инициируемых ЭВВ, диаметр взрывных скважин и крепость разрушаемых горных пород, что нашло практическое применение при обосновании для НАО «НИПИГОРМАШ» параметров согласованной системы «ЭВВ - эмульсионный ПД», адаптированной для условий применения;

обоснованно применения при подземных горных работах ЭВВ с окислительной фазой на основе бинарного раствора аммиачной и кальциевой селитр как имеющих меньшие критический и предельный диаметры, чем ЭВВ с окислительной фазой на основе раствора только аммиачной селитры, что позволяет добиваться большей надежности детонации ЭВВ в скважинах малого диаметра и осуществлять инициирование этих скважинных зарядов ПД меньшей массы, что нашло практическое применение при изготовлении ЭВВ на предприятии по

производству ЭВВ (рудник «Удачный» им. Ф.Б. Андреева АК «АЛРОСА» (ПАО)). Диссертационная работа изложена на 263 листах, содержит 58 рис., 19 табл., состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 299 наименований и четырех приложений.

Во введении автором обоснована актуальность проблемы обеспечения устойчивой детонации эмульсионных взрывчатых веществ в скважинных зарядах, определены основные направления работ по повышению эффективности взрывных работ в различных горно-геологических условиях России и ближнего зарубежья.

*В первой главе* диссертантом выполнен факторный анализ проблемы устойчивости детонации эмульсионных взрывчатых веществ, основанный на изучении всей доступной отечественной и зарубежной базы данных.

Проведен достаточно подробный критический обзор экспериментальных работ ведущих организаций, занимающихся созданием ЭВВ, выявлены достоинства и нерешенные проблемы при отработке эмульсионных систем. Особое внимание уделено рассмотрению моделей возникновения и распространения детонации в зарядах ЭВВ, опирающихся на концепцию Боудена Ф. и Иоффе А. Анализируя эти модели, автор подчеркивает, что в них не находит отражение влияние дисперсности окислительной фазы эмульсии на детонационные показатели ЭВВ, а в ряде моделей не учитывается и размер газовых пор.

Диссертант указывает на имеющиеся данные АО «ГосНИИ «Кристалл» о зависимости детонации ЭВВ от дисперсности эмульсии и внутренней структуры заряда ЭВВ и отмечает, что в практике ведения взрывных работ скважинными зарядами ЭВВ бывает затухание (и обрыв) детонации в процессе ее распространения. Такие явления зафиксированы в работах Жученко Е.И., Иоффе В.Б., Шведова К.К., Лаврова В.В.

Эти явления, по мнению ведущих ученых России, могут быть вызваны проявлением неустойчивостей при распространении детонации в

ЭВВ, подобно неустойчивостям, наблюдаемым при порошкообразных и гранулированных ПВВ с минеральным маслом (типа АС-ДТ), а также в игданитах.

Данные по скорости детонации в скважинных зарядах показывают, что наряду с затухающими детонационными процессами отмечаются режимы распространения детонации с практически постоянной скоростью по заряду ЭВВ, сенсibilизированному газовыми порами. Однако, это явление не соответствует существующим моделям, описывающим распространение детонации в ЭВВ, т.к. по мере подъема по колонке заряда отмечается уменьшение плотности ЭВВ, что должно привести к постепенному замедлению скорости детонации.

Глава I завершается выводом о том, что до настоящего времени в отечественной и мировой науке вопросы надежного (устойчивого) прохождения детонационной волны по скважинному заряду и связанная с этим полнота энерговыделения при взрыве заряда ЭВВ во многом неясны и требуют своего разрешения.

В работах российских и зарубежных ученых экспериментально зафиксирована зависимость скорости детонации в ЭВВ от параметров промежуточного детонатора, что также не находит объяснения в рассмотренных моделях детонации ЭВВ, а также представлены исследования по выявлению минимальных (критических) параметров ударной волны, вызывающей детонационные процессы в индивидуальных и смесевых конденсированных ВВ. Однако данные критерии выполняются в случаях, когда в химические превращения в ВВ обусловлены его равномерным разогревом во волны при ударном сжатии. Это делает весьма надежным использование данных критериев для расчета параметров промежуточных детонаторов (ПД) для инициирования ЭВВ.

Разработке методов посвящен ряд работ ведущих ученых страны. Их анализ показал, что в настоящее время, ввиду отсутствия разработок,

позволяющих учитывать при выборе ПД ударную сжимаемость вещества ЭВВ, кинетику процесса воспламенения эмульсии и рецептурно-технологические параметры ЭВВ, выбор ПД для инициирования ЭВВ осуществляется методом экспериментального подбора. Однако ввиду разнообразия возможных геометрических форм ПД, вида ВВ, из которых может быть изготовлен ПД, а также характеристик инициируемого ЭВВ данный метод трудоемок, требует существенных финансовых затрат и не гарантирует оптимальности и универсальности полученного результата.

На основании вышесказанного в диссертации автором поставлены следующие задачи научного исследования:

разработка физико-математической модели детонации ЭВВ, сенсibilизированных газовыми порами, учитывающей не только рецептурный состав, плотность эмульсии, плотность ЭВВ, радиус сенсibilизирующих пор, но и размер частиц дисперсной фазы эмульсии, а также параметры инициирующего воздействия;

определение закономерностей распространения детонации в скважинных зарядах ЭВВ;

определение условий возникновения срыва (перехода на низкоскоростные режимы) детонации в скважинных зарядах ЭВВ;

экспериментально-теоретическое обоснование параметров ПД для возбуждения детонации в скважинных зарядах ЭВВ, учитывающее рецептурно-технологические и микроструктурные характеристики ЭВВ;

разработка и обоснование технологий формирования и взрывания скважинных зарядов ЭВВ, при которых детонационная волна проходит по всей длине заряда.

*Во второй главе* автором выполнено физико-математическое моделирование стационарной детонации ЭВВ, сенсibilизированных газовыми порами, в которой при определении детонационных характеристик учитывается зависимость от радиуса газовых включений

(полых микросфер), плотности ЭВВ, а также плотности, дисперсности и химического состава эмульсии.

Автор утверждает, что согласно модели в начальный период (до воспламенения) эмульсия ведет себя, как инертное вещество. Под действием фронтального детонационного давления вещество эмульсии в гидродинамическом режиме втекает в поры. Втекание происходит асимметричным образом. При этом плотность самого вещества эмульсии практически постоянна, а изменение плотности среды определяется уменьшением пористости. Это связано с тем, что сопротивление втеканию эмульсии в поры, обусловленное ее вязкостью и прочностью на сдвиг, чрезвычайно мало по сравнению с давлением во фронте УВ и модулем объемного сжатия эмульсии. В процессе втекания происходит локальный разогрев и последующее возгорание вещества эмульсии. Данный процесс осуществляется за счет совместного действия теплоты внутреннего трения при втекании эмульсии в пору и теплоты сжатых в поре газов. После возгорания вещества эмульсии в порах среды возникает противодействие, среда начинает воспринимать нагрузку, как непористое вещество. В среде резко возрастает давление (по закону ударной адиабаты). Одновременно начинается разложение ВВ из центров «горячих точек» в радиальном направлении. После слияния сфер горения происходит расширение газообразных продуктов взрыва, сопровождаемое падением давления и переходом на адиабату расширения газообразных продуктов детонации.

На начальном этапе вследствие асимметричности процесса втекания вещества эмульсии в поры среда приобретает определенную скорость в направлении распространения детонационной волны. Величина данной скорости определяется инерционными свойствами среды, величиной фронтального давления и длительностью промежутка времени между моментом подхода фронта детонационной волны к поре и моментом

времени, соответствующем началу разложения. Для пористых ВВ с относительно низкой чувствительностью данное приращение скорости может быть весьма существенным (сотни метров в секунду).

Таким образом, вещество ЭВВ на начальном этапе уплотняется и приобретает некоторую массовую скорость движения в направлении распространения детонационной волны. Дальнейшее возрастание массовой скорости среды происходит после возгорания уплотненной эмульсии и определяется удельным тепловыделением с учетом затрат энергии на сообщение среде массовой скорости на начальном этапе. Эти обстоятельства делают необходимым при расчете детонационных параметров ЭВВ учет массовой скорости и плотности вещества ЭВВ в момент начала экзотермического разложения ЭВВ (момент перехода на ударную адиабату).

На основе анализа турбидиметрических и рентгенографических исследований структуры эмульсии ЭВВ, а также выполненных дополнительных рентгенографических и реологических исследований вещества эмульсии показано, что в окислительной фазе эмульсии находится значительное количество чрезвычайно мелких кристалликов аммиачной селитры. Данное обстоятельство приводит к тому, что при втекании эмульсии под действием ударной волны в газовую пору будет наблюдаться разбитие ее потока на дискретные слои. Деформация вещества эмульсии будет происходить по локализованным границам слоев втекающего потока, а разогрев вещества будет происходить по контакту данных слоев из-за трибомеханического разогрева поверхностей скольжения, кроме этого, вещество эмульсии дополнительно нагревается теплотой в поре газов.

На основании предложенной модели автором разработана инженерная методика расчета детонационных параметров ЭВВ, позволяющая проводить расчет их основных детонационных параметров с учетом рецептурно-технологических характеристик ЭВВ (плотности

эмульсии, плотности и химического состава ЭВВ, размеров сенсibiliзирующих пор и частиц дисперсной фазы эмульсии).

В третьей главе диссертационной работы представлены экспериментально - теоретические результаты исследований диссертанта по изучению особенностей детонации эмульсионных ВВ, сенсibiliзированных газовыми порами. При этом автором осуществлен теоретический анализ неустойчивости ЭВВ, сенсibiliзированных газовыми порами, экспериментально подтверждено явление ячеистой структуры детонационного фронта в ЭВВ, установлены условия возникновения нейтральной устойчивости детонационной волны в ЭВВ, что позволило перейти к обобщениям, (выводам) суть которых сводится к следующему:

Впервые теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что при распространении детонации в скважинном заряде ЭВВ обрыв детонации или ее переход на низкоскоростной режим обусловлен разрушением ячеистой структуры детонационного фронта (ликвидацией нейтральной устойчивости детонационного фронта).

Показано, что величина детонационных параметров ЭВВ при детонации в режиме нейтральной устойчивости детонационного фронта зависит от величины инициирующего импульса.

Предложен критерий оценки устойчивости распространения детонации по скважинному заряду ЭВВ, позволяющий с помощью разработанной методики расчета детонационных параметров ЭВВ определять момент разрушения ячеистой структуры детонационного фронта.

Режим детонации с нейтрально устойчивым фронтом является недостаточно устойчивым к изменениям в структуре и плотности ЭВВ вдоль вертикального (наклонного) заряда при распространении детонационной волны в направлении укрепления пор и снижения плотности

ЭВВ (направление «вверх» при нижнем инициировании). В этом случае возможен выход детонации из данного режима, что обуславливает переход детонации на низкоскоростные режимы или даже обрыв детонационного процесса.

При распространении детонации в обратном направлении (в направлении уменьшения радиуса газовых пор) гидродинамических ограничений на устойчивость детонационной волны не возникает. Детонация в этом случае будет распространяться до тех пор, пока плотность ЭВВ не превысит максимально допустимую.

*Четвертая глава* диссертации носит экспериментально-теоретический характер и посвящена исследованию процессов инициирования детонации в зарядах ЭВВ промежуточными детонаторами, при этом рассмотрены три схемы: инициирование ЭВВ при фронтальном ударе продуктов взрыва промежуточного детонатора (ПД); инициирование ЭВВ при взрыве системой сближенных (когерентных) сосредоточенных ПД.

Анализ этих схем инициирования, проведенный автором в рецензируемой работе, позволил ему сформулировать ряд выводов, а именно:

расчетно-аналитическим путем и натуральными экспериментами доказано, что при выборе параметров ПД для возбуждения детонации в скважинных зарядах ПД, сжимаемость разрушаемых пород, а также рецептурно-технологические и микроструктурные характеристики ЭВВ.

разработаны методики расчета параметров ПД для инициирования детонации в ЭВВ, сенсibilизированных газовыми порами:

- при фронтальном ударе продуктов взрыва ПД (плоское нагружение);
- при скользящем ударе продуктами взрыва линейного (удлиненного) ПД;
- при взрыве системы сближенных сосредоточенных зарядов.

В разработанных методиках учитываются размеры ПД, детонационные параметры и особенности детонационного фронта ВВ, из которых изготовлен ПД, диаметр взрывных скважин и акустическая жесткость окружающих заряд пород, химический состав, плотность и структура возбуждаемых ЭВВ.

Показано, что:

рецептурный состав, плотность и структура ЭВВ влияют на параметры инициирующего их импульса. Поэтому, регулируя данные параметры, можно в известных пределах управлять эффективностью возбуждения детонации;

при возбуждении детонации в ЭВВ важную роль может играть эффект скачкообразного возрастания во фронте ударной волны, возбуждаемой в ЭВВ при взрыве ПД, при отражении от стенок скважины и (или) специально введенных в ЭВВ твердых включений;

ПД из высокоплотных индивидуальных ВВ (смесей или плавов индивидуальных ВВ), а также из конверсионных ВВ обладают высокой инициирующей способностью при возбуждении детонации в ЭВВ. При этом при взрыве линейного (удлиненного) ПД из данного вида ВВ высокоскоростная детонация в ЭВВ может возникнуть под действием прямой радиальной УВ, испускаемой при взрыве ПД;

при определении параметров ПД для инициирования ЭВВ необходимо исходить из выполнения следующего условия: ПД при воздействии на ЭВВ должен создавать в достаточном объеме ЭВВ необходимое давление при необходимой продолжительности действия.

Численное моделирование процесса инициирования ЭВВ УПД показало, что существуют оптимальные по массе УПД для инициирования устойчивой детонации в ЭВВ;

оптимальные параметры (длина, диаметр, масса) УПД зависят от плотности, внутренней структуры, химического состава ЭВВ,

детонационных характеристик вещества УПД, а также от отношения диаметра УПД к диаметру взрывной скважины и сжимаемости пород, окружающих заряд ЭВВ;

снижение плотности инициируемого ЭВВ позволяет уменьшить массу необходимого УПД;

уменьшение радиуса газовых пор позволяет уменьшить массу необходимого УПД, но при этом размер пор должен быть таковым, чтобы их схлопывание осуществлялось в динамическом режиме.

На основании полученных ранее автором результатов исследований в пятой главе рассмотрены необходимые и достаточные условия для обеспечения устойчивой детонации ЭВВ в технологиях взрывного разрушения горных пород.

Комплекс расчетно-аналитических и экспериментально-теоретических исследований, представленный в рамках главы 5 позволяет официальному оппоненту этой работы утверждать что:

При проектировании взрывных работ с применением ЭВВ для обеспечения прохождения детонационной волны по всей длине заряда необходимо учитывать структуру ЭВВ и рассчитывать плотность зарядов таким образом, чтобы на координатной плоскости (радиус поры; плотность ЭВВ) линия зависимости плотности ЭВВ от радиуса газовых пор для скважинных зарядов не пересекала линии, разграничивающей режимы нейтральной и абсолютной устойчивостей детонационного фронта.

При необходимости ведения взрывных работ длинными вертикальными (наклонными) скважинными зарядами ЭВВ для обеспечения полноты детонации целесообразно заряд разделять специальными устройствами на отдельные участки, имеющие такую длину (высоту), не которой плотность ЭВВ не будет выходить из зоны допустимых значений. Такими специальными устройствами будут любые приспособления, препятствующие передачи гидростатического давления

вышерасположенного по высоте участка заряда на нижележащий заряд.

Для обеспечения полноты скважинного заряда ЭВВ необходимо согласовывать параметры заряда ЭВВ и ПД, что достигается регулируемым воздействием на характеристики ЭВВ (начальная плотность, структура и рецептура), на конструкцию заряда ЭВВ и на параметры ПД, связанные как с его характеристиками (ВВ, из которого изготовлен ПД, размеры ПД), так и условиями его применения (место установки ПД в заряде ЭВВ, конструкция ПД, установка нескольких ПД - многоточечное инициирование и (или) встречное инициирование).

ЭВВ с окислительной фазой из бинарного раствора аммиачной и кальциевой селитры инициируются ПД меньшей массы, чем ЭВВ с окислительной фазой из раствора аммиачной селитры (монораствор). Это объясняется тем, что ЭВВ на основе бинарного раствора имеют меньшие критический и предельный диаметры, чем ЭВВ на основе монораствора.

Данные обстоятельства могут иметь решающее значение при выборе направлений развития рецептур и технологий производства ЭВВ и их дальнейшего применения в подземных условиях и (или) использовании скважин уменьшенного диаметра на карьерах.

Итог проделанной работы автор достаточно полно и аргументировано отразил в Заключении.

Рецензируемая диссертационная работа соответствует паспорту специальности 25.00.20 - ***«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная азрогазодинамика и горная теплофизика»***

Достоверность научных положений, результатов и выводов обеспечивается использованием современных математических моделей и теорий расчета параметров детонационных волн во взрывчатых материалах, согласованных с конструкцией изделий на их основе и условиями их работы при производстве взрывных работ в горнодобывающей промышленности, и подтверждается многочисленными экспериментальными данными,

полученными автором с помощью стандартных и специальных методов исследования, использованием методов математической статистики обработки результатов испытаний, применением специализированного инструментария и оборудования, достаточным совпадением расчетных и теоретических данных. Работа прошла достаточную апробацию на международных и всероссийских научных конференциях, симпозиумах и научно-практических форумах и совещаниях, посвященных вопросам физики горения и взрыва и использованию промышленных ВВ в народном хозяйстве.

Основные положения диссертации изложены в 28 научных трудах (16- из перечня АВК России).

Содержание оппонируемой диссертации достаточно полно отражено в автореферате.

#### **Реализация результатов работы.**

Научные положения, рекомендации и методики, представленные в диссертации, использовались в интересах совершенствования технологии и снижения издержек производства при ведении взрывных работ на карьере ОАО «Ураласбест»;

при обосновании для НАО «НИПИГОРМАШ» параметров согласованной системы «ЭВВ - эмульсионный ПД», адаптированной для условий применения;

при изготовлении ЭВВ на предприятии по производству ЭВВ (рудник «Удачный» им Ф.Б. Андреева АК «АЛРОСА» (ПАО)).

К замечаниям по диссертационной работе следует отнести:

Недостаточно полный и аргументированный обзор современного состояния разработки гранулированной аммиачной селитры (особенно её пористых видов) с точки зрения влияния морфологии поверхности частиц и особенностей внутренней структуры (наличия пор, трещин, сколов, каверн, неоднородностей и т.п.) и её влияния на эксплуатационные и

потребительские свойства ЭВВ.

Отсутствие упоминаний об обеспечении техносферной безопасности при ведении взрывных работ с использованием ЭВВ.

Представленная на стр. 53 диссертации умозрительная картина течений в детонационной волне ЭВВ нуждается в конкретизации в виде графического изображения профиля давлений. На нем следовало бы четко указать наличие массового потока впереди детонационного фронта, движущегося со скоростью  $U$ . Или, наконец, изобразить в  $(P,V)$ -координатах диаграмму сжатия исходной среды с указанием давления, соответствующего потоку  $U$ .

На стр. 132 диссертации при расчете скорости нормального горения по Зельдовичу химическое тепловыделение  $Q_V^{\text{э}}$  произвольно дополнено слагаемым, которое является по существу кинетической энергией сжимаемой среды. Это необоснованное в тексте диссертации представление действительной картины горения позволило автору получить искомое соотношение  $\tau_* \approx \tau_0$ .

Текст диссертации лаконичен (хотя и содержит досадные стилистические погрешности), доступен для понимания (специалистам, знакомым с интегральным и дифференциальными вычислениями), логичен, содержит современный понятийный аппарат исследуемой предметной области.

### **Заключение**

В целом докторская диссертация Горинова С.А. “Научно-технические основы и технологии обеспечения устойчивой детонации эмульсионных взрывчатых веществ в скважинных зарядах” является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические, технологические и другие решения по обеспечению устойчивой детонации скважинных зарядов ЭВВ, что является решением важной и актуальной научно-технической проблемы, имеющей

существенное значение для развития страны.

Диссертация удовлетворяет требованиям Положения ВАК России, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор - Горинов Сергей Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент, доктор технических наук,  
профессор, зав. кафедрой Техносферной безопасности  
РХТУ им. Д.И. Менделеева

Н.И. Акинин

Подпись доктора технических наук,  
профессора Н.И. Акинина удостоверяю  
Ученый Секретарь Университета



Н.К. Калинина

г. Москва “\_\_” декабря 2018 г.

Акинин Николай Иванович – доктор технических наук, профессор, зав.  
кафедрой Техносферной безопасности  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования “Российский химико-технологический университет  
им. Д. И. Менделеева”  
125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, стр. 2, каб. 217а  
тел. +7 (916) 695-17-93  
e-mail: akinin@muctr.ru