

Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и
ликвидации последствий стихийных бедствий
Донецкой Народной Республики

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «РЕСПИРАТОР»

На правах рукописи



Пефтибай Георгий Иванович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВЫХ
ПЕРЕМЫЧЕК УГОЛЬНЫХ ШАХТ ИЗ МАТЕРИАЛА
НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО**

Специальность 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность
(по отраслям) (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Донецк – 2022

Работа выполнена в Государственном бюджетном учреждении «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики», г. Донецк (ГБУ НИИ «Респиратор» МЧС ДНР»).

Научный руководитель: **Агеев Владимир Григорьевич**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, директор ГБУ «НИИ «Респиратор» МЧС ДНР» (г. Донецк)

Официальные оппоненты: **Палеев Дмитрий Юрьевич**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательского отдела ФГКУ ДПО «Национальный аэромобильный спасательный учебно-тренировочный центр подготовки горноспасателей и шахтеров», «Национальный Горноспасательный Центр» МЧС России (г. Новокузнецк);
Купенко Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика» ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк).

Ведущая организация: Государственное бюджетное учреждение «Институт физики горных процессов» (г. Донецк).

Защита состоится «1» декабря 2022 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 01.027.01 при ГБУ «НИИ «Респиратор» МЧС ДНР» по адресу: 283048, г. Донецк, ул. Артема, 157, I-й корпус, к. 401.

Тел. +38(856)332-78-01, факс +38(856)332-78-78,

E-mail: respirator@mail.dnmchs.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГБУ «НИИ «Респиратор» МЧС ДНР» по адресу: 283048, г. Донецк, ул. Артема, 157, 2-й корпус, к. 208, адрес сайта ГБУ «НИИ «Респиратор» МЧС ДНР»: <http://respirator.dnmchs.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 01.027.01
кандидат технических наук



И.Г. Старикова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Переход горных работ в шахтах на более глубокие горизонты приводит к увеличению протяженности выработок и газообильности горных массивов, что повышает опасность горных работ и возникновения аварий вследствие пожаров и взрывов. Это приводит к необходимости при ликвидации аварий проводить изоляцию аварийных участков при тушении пожаров и осуществлять мероприятия по предотвращению взрывов метановоздушных смесей и угольной пыли.

В результате пожаров и взрывов газопылевых смесей в выработках угольных шахт возникают ударные волны и продукты горения, которые распространяются на большие расстояния по выработкам, и приводят к значительному материальному ущербу, потере здоровья, иногда жизни горнорабочих и горноспасателей.

Для защиты людей, подземных сооружений и оборудования от воздействия ударных волн при изоляции аварийных пожарных участков выработок применяют гипсовые взрывоустойчивые перемычки, как правило, с двумя проемными металлическими трубами, возводимые гидромеханическим способом при помощи смесительно-нагнетательного оборудования по существующей технологии.

Гипсовые вяжущие, помимо некоторых преимуществ, обладают существенными недостатками: низкая водостойкость материала ограничивает область применения, невысокая механическая прочность гипса снижает прочностные характеристики сооружения и исключает создание надежной взрывозащиты в аварийных выработках. Неуправляемое быстрое схватывание гипсового раствора ограничивает дальность транспортирования, а использование гипса, обладающего невысокой прочностью, значительно снижает надежность эксплуатации возводимых перемычек на время ликвидации аварии, в случае противодействия воздушным ударным волнам (ВУВ), что в итоге не обеспечивает высокую пожарную и промышленную безопасность при выполнении аварийно-спасательных работ.

Поэтому целесообразным является использование в качестве материала для взрывоустойчивых изолирующих перемычек цементного вяжущего и отходов местного производства с добавкой ускорителя твердения для повышения прочностных свойств защитных сооружений, что позволит повысить надежность их возведения и эксплуатации, тем самым решить научно-технические задачи повышения пожарной и промышленной безопасности.

В связи с этим, обоснование параметров взрывоустойчивых перемычек в угольных шахтах из материала на основе цементного вяжущего путем установления закономерностей напряженно-деформированного состояния (НДС) взрывоустойчивых перемычек под действием внешних ударных нагрузок, повышенной температуры и горного давления для обеспечения безопасности работ шахтеров и горноспасателей в угольных шахтах, является актуальной научно-технической задачей, требующей решения.

Работа проведена в соответствии с плановой тематикой института на 1996-2021 гг. Всего выполнено 11 работ, основные среди которых:

1. Разработать комплект оборудования для приготовления и перекачивания быстротвердеющих растворов для возведения изолирующих сооружений в угольных шахтах (№ ГР 0101U003185, 1920130048, 2001 г.);
2. Обоснование параметров основных средств взрывозащиты в горных выработках угольных шахт (№ 1991130446, 2011 г.);
3. Разработать каркасные опалубки многоразового использования для быстровозводимых изолирующих сооружений (11512049, 2015 г.);
4. Разработать рекомендации по ведению изоляционных работ на участках с осложнившимся пожаром с использованием смесей на основе цементных вяжущих (11712018, 2019 г.);
5. Разработать устройство дозирования воды для смесительно-нагнетательных установок, используемых при возведении изолирующих сооружений (11912013, 2021 г.).

Степень разработанности темы. Большой вклад в разработку, создание и внедрение методов и средств защиты от взрывов при изоляции пожаров в угольных шахтах в более ранний период внесли ученые Соболев Г.Г., Чеховских А.М., Плотников В.М., Греков С.П., Доценко В.Ф., Омельченко А.С., Курбацкий Е.В.; в настоящее время – Агеев В.Г., Калякин С.А., Марийчук И.Ф. и др. В рамках данного направления исследований, в процессе выполнения плановых работ института разработаны отраслевые стандарты (СОУ) «Вентиляционные, изолирующие и взрывоустойчивые перемычки при ликвидации аварий в угольных шахтах. Конструкция, материалы и технология возведения» и «Шахтные взрывоустойчивые изолирующие сооружения. Общие технические требования».

Однако следует отметить, что в проведенных работах до конца не учтено влияние НДС перемычки при совместном действии на нее горного давления, ВУВ и температуры. Так же не учтено влияние отверстий, закрепленных проемными металлическими трубами, на прочность и устойчивость перемычек, не получили должного развития исследования, связанные с выбором и изучением прочностных характеристик материалов для перемычек на основе цементного вяжущего, не установлен период их раннего твердения и время, необходимое для твердения и набора требуемой прочности. В основе данной работы положена идея оптимизации технологического состава для перемычки и обоснование ее параметров, обеспечивающих взрывозащиту и высокую ее надежность при эксплуатации для повышения пожарной и промышленной безопасности ведения аварийно-спасательных работ в угольных шахтах.

Цель и задачи исследований. Целью работы является обоснование параметров взрывоустойчивых перемычек в угольных шахтах из материала на основе цементного вяжущего с учетом закономерностей НДС, возникающего под действием горного давления, ВУВ и температуры для повышения их прочности и надежности при выполнении аварийно-спасательных работ в угольных шахтах.

Для достижения цели необходимо решить следующие основные задачи:

- провести исследования по выбору материала взрывоустойчивых перемычек и определению его механических характеристик;
- разработать математическую модель НДС взрывоустойчивых перемычек под действием горного давления;
- разработать математическую модель НДС взрывоустойчивых перемычек под действием ВУВ и температуры;
- определить параметры взрывоустойчивых перемычек, обеспечивающие их прочность и безопасность ведения аварийно-спасательных работ при ликвидации пожаров и взрывах;
- усовершенствовать технические средства и технологию возведения перемычек.

Объект исследований – механические процессы во взрывоустойчивых перемычках из материала на основе цементного вяжущего и ускорителя твердения под действием горного давления, падающих ВУВ и температуры при пожарах и взрывах в выработках угольных шахт.

Предмет исследований – компонентный состав материала, его механические характеристики и влияние прочностных свойств материала на параметры и надежность взрывоустойчивой перемычки, обеспечивающей пожарную безопасность и взрывозащиту.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что впервые:

1 Установлено, что зависимость прочностных свойств материала для возведения взрывоустойчивых перемычек от компонентного состава цементного вяжущего, отходов производства (шлак, зола-унос) и ускорителя твердения (хлористый кальций) и их соотношения в составе прямо пропорционально возрастает от повышения массовой доли цементного вяжущего при содержании ускорителя твердения 3-5 %, при этом обеспечивается предел прочности материала на сжатие не менее 3,0 МПа, а время твердения цементно-шлакового состава составляет 6,5...7,0 ч, цементно-зольного – 15...16 ч, в моноблоке перемычки твердение в зависимости от температуры происходит за время не более 5,0 ч и 7,0 ч соответственно.

2 На основе установленной многофакторной зависимости получено, что максимальные напряжения в перемычке с цементно-шлаковым и цементно-зольным материалами практически равны, нормальные сжимающие напряжения при действии ВУВ возникают при шарнирном креплении по ее высоте в средней части, горного давления – в нижней, суммарные напряжения при действии горного давления и температуры от изгибных напряжений составляют примерно 43-47 %, с параболическим радиусом кривизны в 1,1-1,2 раза меньше, чем с полуокружностью, обеспечивая ее запас прочности с коэффициентом, не менее 1,7.

3 Численным экспериментом с использованием математической модели было установлено, что влиянием проемных металлических труб на НДС перемычки, ее прочность и устойчивость можно пренебречь, а принятый квадратичный закон распределения поперечных деформаций и внутренних сил

позволяет определить не две, а одну функцию прогиба, что существенно упрощает решение задачи по определению взрывоустойчивости перемычки.

Теоретическое значение полученных результатов состоит в том, что:

- установлены зависимости, позволяющие выбирать технологический состав материала для перемычки с учетом его механических характеристик, которые определяют безопасные параметры взрывоустойчивых перемычек;
- разработана математическая модель НДС взрывоустойчивых перемычек, находящихся под действием горного давления, давления во фронте ВУВ и температуры, учитывающая два вида граничных условий жесткого и шарнирного крепления по периметру выработки;
- разработанная математическая модель представлена в виде графического отображения (номограммы) многофункциональной зависимости толщины перемычки от площади сечения выработки, горного давления, температуры и давления ВУВ с учетом времени твердения цементно-шлакового и цементно-зольного материалов в лабораторных условиях и в моноблоке перемычки.

Практическое значение полученных результатов:

- дано обоснование времени начала безопасной эксплуатации взрывоустойчивой перемычки, возведенной из цементно-шлакового материала с отношением компонентов 7:3 и ускорителем твердения (хлористый кальций), которое при пределе прочности материала не менее 3,0 МПа, составляет не более 5,0 ч после окончания заливки моноблока перемычки;
- разработан технологический режим, средства и технология приготовления смесей и возведения перемычек;
- установлен ожидаемый годовой экономический эффект от применения новых перемычек для цементно-шлаковой и цементно-зольной смесей 2164 тыс. руб. и 4018 тыс. руб. соответственно.

Методология и методы исследований – для достижения цели и решения поставленных задач в работе использован комплексный подход, содержащий анализ и обобщение результатов, полученных ранее другими авторами, теоретические и экспериментальные методы. Теоретические методы использовали при разработке математических моделей НДС взрывоустойчивой перемычки под действием горного давления, ВУВ и температуры с двумя видами граничных условий с использованием основных законов теории упругости и анизотропных (изотропных) пластин; экспериментальные исследования – в лабораторных условиях при определении состава быстротвердеющих смесей и механических их характеристик с использованием методов математической обработки статистических данных.

Положения, вносимые на защиту:

1 Зависимости физико-механических характеристик состава для возведения перемычек от содержания цементного вяжущего, отходов производства и ускорителя твердения и их соотношения в составе, что позволило установить пределы прочности материала и обосновать параметры защитных свойств перемычек для обеспечения необходимой пожарной и промышленной безопасности при ведении аварийно – спасательных работ.

2 Математическая модель НДС взрывоустойчивой перемычки, учитывающая закономерности изменения ее радиуса кривизны по параболической зависимости или полуокружности при воздействии горного давления, давления во фронте ВУВ и изменения температуры в выработке при условии жесткого и шарнирного закрепления перемычки к горной выработке. Это позволило определить взрывозащитные параметры перемычки, обеспечивающие не только ее прочность и устойчивость, но и время начала ее безопасной эксплуатации для достижения пожарной и промышленной безопасности при ведении работ.

3 Зависимость толщины взрывоустойчивой перемычки от площади сечения выработки, параметров ВУВ, температуры и горного давления с дополнительным учетом НДС в материале перемычки и его прочности, что позволило значительно повысить надежность противопожарного и взрывозащитного действия перемычки и безопасность ведения аварийно-спасательных работ.

Степень достоверности и апробация результатов диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются применением классических основ и законов теории анизотропных (изотропных) толстых пластин, одного из основных методов решения краевых задач – энергетического метода с использованием вариационного исчисления при разработке математических моделей и исследовании НДС взрывоустойчивых перемычек; физического моделирования методом эквивалентных материалов при определении влияния проемных металлических труб на НДС перемычки, их прочность и устойчивость; подтверждением результатов теоретических исследований данными экспериментов, полученными зарубежными авторами в натурных условиях.

Основные результаты диссертационной работы доложены и получили одобрение на научно-практических конференциях, в т. ч. международных: «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2005); «По проблемам пожарной безопасности», посвященная 75-ю создания ВНИИПО (Москва, 2012); «Промышленная безопасность и вентиляция подземных сооружений в XXI столетии» (Донецк, 2015); «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах» (Кемерово, 2017); «Пожарная и аварийная безопасность» (Иваново, 2017); «Подземная угледобыча XXI век» (Ленинск-Кузнецкий, 2018), «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (Москва, 2020).

Личный вклад соискателя состоит в анализе состояния вопроса, формулировании цели и основных задач исследований, научных положений и выводов; участии в разработке расчетных схем и анализе математических моделей НДС взрывоустойчивых перемычек, проведении экспериментальных исследований по определению состава и механических характеристик материалов; обобщении и систематизации результатов исследований.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 33 научных работах, из них 9 работ в изданиях ВАК ДНР (1 монография),

4 работы – в изданиях ВАК РФ, 11 публикаций в других рецензируемых изданиях (1 патент на полезную модель), 9 статей – материалы научных конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, основной части (четырех глав), заключения (с основными выводами), списка литературы из 162 наименования и 10 приложений. Работа изложена на 193 страницах машинописного текста, в том числе 147 страниц основной части, содержит 39 рисунков и 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы. Определены цель, задачи, объект и предмет исследований, методы исследований, сформулированы научные положения, выносимые на защиту, и научная новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость работы.

В первом разделе приведены результаты анализа аварийности в горных выработках угольных шахт, существующих способов и средств изоляции при пожарах и взрывах метановоздушных смесей, расчетных схем и методов определения толщины гипсовых взрывоустойчивых перемычек.

Одним из основных способов тушения пожаров является изоляция аварийных участков с применением гипсовых взрывоустойчивых перемычек.

Однако многолетний опыт выявил ряд недостатков, снижающих технологические возможности применения гипса: быстрое твердение раствора ограничивает дальность транспортирования и усложняет эксплуатацию оборудования, низкая водостойкость материала снижает надежность работы сооружений в обводненных выработках, для обеспечения подачи раствора гидромеханическим способом увеличивают водогипсовое отношение. Кроме этого, не учтено совместное влияние на НДС взрывоустойчивой перемычки действия горного давления, ВУВ и температуры; не обосновано влияние на НДС перемычки проемных металлических труб, других видов граничных условий, применение крепления металлических труб различными элементами к горной выработке.

В связи с этим, целесообразным является использование материалов на основе цемента с наполнителем в виде отходов местного производства (доменного шлака, золы-уноса ТЭС), которые должны легко транспортироваться, обладать достаточной механической прочностью, в том числе при высоких температурах и при воздействии шахтных вод, быть доступными и иметь низкую стоимость. Это позволит снизить себестоимость возведения перемычек, а также будет способствовать решению вопросов по охране окружающей среды региона.

На основании результатов выполненного анализа состояния вопроса сформулированы цель и задачи исследований.

Во втором разделе приведены общая методика и основные методы исследований, используемые в работе, откуда следуют их объект и предмет, экспериментальные исследования по определению материалов для возведения

перемычек, их механических характеристик, влияния проемных металлических труб на НДС перемычек, их прочность и устойчивость.

Исходным сырьем для разработки быстротвердеющих смесей выбраны доступные материалы – портландцемент марки ПЦ-I-500, доменный отвалный шлак Донецкого металлургического завода, зола-унос с электрофильтров Зуевской ТЭС. В качестве ускорителя твердения выбран хлористый кальций.

Испытания при одноосном приложении нагрузки проводили на образцах размером 40x40x160 мм, а при трехосном – 55x55x55 мм по стандартной методике, установленной нормативной документацией. Проведены испытания более 250 образцов с различным процентным содержанием цемента, шлака, золы-уноса, ускорителя твердения и воды.

В результате получено, что для состава цементно-шлаковой смеси при соотношении ПЦ : ШЛ = 7:3 максимальная массовая доля хлористого кальция составляет 4 % от массы цемента, для смеси при соотношении ПЦ : ШЛ = 6 : 4 и цементно-зольной смеси при соотношении ПЦ : ЗУ = 7 : 3 – по 3 %.

Установлено, что модуль упругости цементно-шлакового материала равен $2,15 \cdot 10^2$ МПа, коэффициент Пуассона – 0,22, предел прочности на сжатие – 3,0 МПа – обеспечивается в течение (6,5...7,0) ч. Для цементно-зольного материала модуль упругости равен $1,45 \cdot 10^2$ МПа; коэффициент Пуассона – 0,18; предел прочности на сжатие (3,0 МПа) обеспечивается в течение 16 ч. В моноблоке перемычки время набора предела прочности в 1,42 и в 2,37 раза меньше (5,0 ч и 7,0 ч соответственно).

Для определения влияния проемных металлических труб на НДС перемычки под действием горного давления проведено моделирование с использованием известного метода – эквивалентных материалов. Результаты исследований показали, что максимальная погрешность перемещений и деформаций моделей перемычек составляет примерно 7,0% и 6,0%.

В третьем разделе приведена расчетная схема взрывоустойчивой перемычки, методы и результаты исследований ее НДС.

Рассмотрена расчетная схема перемычки, в общем, в виде анизотропной (армированной) и, в частности, изотропной пластины, радиус кривизны которой меняется по параболической зависимости или полуокружности, под действием горного давления, ВУВ и температуры, контур которой жестко или шарнирно закреплен (рис. 1).

Результирующие напряжения равны сумме напряжений от их воздействия и решение задачи получено при рассмотрении двух этапов: на первом перемычка находится под действием только горного давления, на втором – ВУВ и температуры.

Для решения задачи перемычки в пределах точности технической теории пластин использованы основные соотношения для перемещений, деформаций и усилий в срединной поверхности пластины, закон Гука относительно напряжений для плоского НДС.

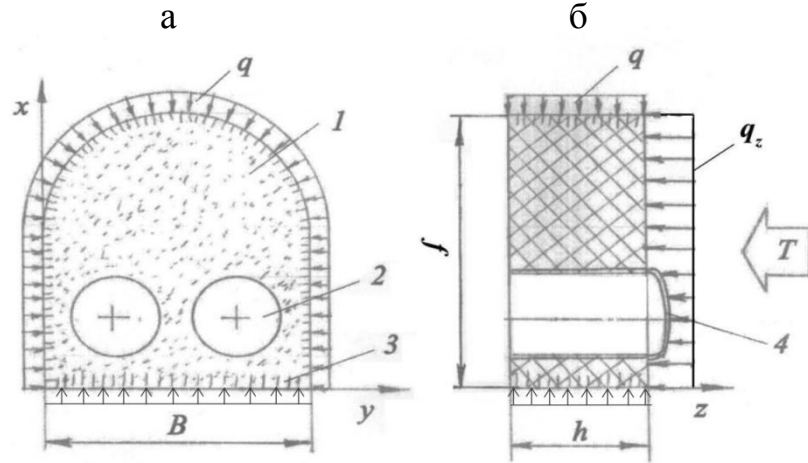


Рисунок 1 – Расчетная схема взрывоустойчивой перегородки
а – в плане; б – вид сбоку; 1 – перегородка; 2 – проемная труба; 3 – контур заземления или шарнирного (свободного) крепления; 4 – люк; q – нагрузка от горного давления; q_z – нагрузка от ударной волны; T – температура

Вариация полной энергии деформированной пластины в состоянии равновесия

$$\delta\mathcal{E} = \delta U + \delta V = 0, \quad (1)$$

где $\delta U, \delta V$ – вариация потенциальной энергии и потенциала внешней нагрузки в зависимости от перемещений u , деформаций ε , усилий T_i и упругих параметров A имеют вид

$$\delta V = -\delta \iint q u ds, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \delta U &= \iint (\varepsilon_1 \delta T_1 + \varepsilon_2 \delta T_2 + \varepsilon_{12} \delta T_{12}) ds = \\ &= 1/2 \delta \iint (A_{11} T_1^2 + 2A_{12} T_1 T_2 + A_{22} T_2^2 + A_{12}^2 T_{12}^2) ds. \end{aligned} \quad (3)$$

Интегралы вычисляются в пределах $0 \leq x \leq f$; $0 \leq y \leq B$.

Вводя функцию усилий Φ в срединной поверхности через потенциал внешней нагрузки, получим вариацию полной энергии пластины

$$\begin{aligned} \delta\mathcal{E} &= 1/2 \delta \iint [Lu(\Phi, \Phi) - Lu(\Phi, U^*)] ds; \\ Lu(\Phi, \Phi) &= c_{11} \Phi''_{xx} + 2c_{12} \Phi''_{yy} + c_{22} \Phi''_{yy} + c_{12} \Phi''_{xy}; \\ Lu(\Phi, U^*) &= U^* [c_{11} (2\Phi''_{xx} + U^*) + 2c_{12} \Phi''_{yy}], \end{aligned} \quad (4)$$

где U^* – потенциал внешней нагрузки.

Представляя искомую функцию в виде

$$\Phi(x, y) = \sum_{j=1}^m b_j p_j(x) q_j(y), \quad (5)$$

где b_j – неопределенные параметры; p_j, q_j – заданные координатные функции, зависящие от граничных условий, и подставляя ее в (4), получим систему линейных алгебраических уравнений относительно b_j и, в конечном счете, уравнения для напряжений перемычки

$$\sigma_x = \left[\sum_{j=1}^m b_j (t^2 \beta_1 p_j q_j'' + \beta_2 p_j'' q_j) + 1/2 C_0 \beta_2 U^* \right];$$

$$\sigma_y = \left[\sum_{j=1}^m b_j (\beta_3 p_j q_j'' + t^2 \beta_4 p_j'' q_j) + 1/2 C_0 \beta_4 U^* \right]; \quad (6)$$

$$\tau_{xy} = t B_{12}^* \sum_{j=1}^m b_j p_j' q_j',$$

где t, C_0 – константы; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – суммы жесткостных параметров пластины.

Для формы пластины в виде полуокружности с радиусом R используем уравнения для напряжений (7), где безразмерные координаты и потенциал внешней нагрузки имеют вид

$$x = R\bar{x}; \quad y = 2R\bar{y}, \quad U^* = U_0^* = \gamma HR. \quad (7)$$

Координатные функции представим по методу Ритца. Исходя из принятых граничных условий для жесткого и шарнирного крепления пластины, в качестве координатных функций приняты степенные полиномы.

Рассмотрим второй случай перемычки, которая находится под действием нормально приложенной нагрузки q_z и температуры T , края которой жестко или шарнирно закреплены, как принято ранее.

При выводе основных уравнений примем дополнительно предположение, что поперечные деформации сдвига и внутренние силы меняются по квадратичному закону согласно теории анизотропной пластины С.Н. Амбарцумяна.

Используем параметры изменения кривизны, поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты по этому методу, а также вариацию потенциала внешней нагрузки

$$\delta V = -\delta \iint q_z w \, ds, \quad (8)$$

где интегралы в этом выражении вычисляются в пределах

$$0 \leq x \leq R; \quad 0 \leq y \leq B; \quad 0 \leq z \leq h; \quad ds = dx dy. \quad (9)$$

В отличие от ранее принятого подхода для решения задачи ищем не две, а одну неизвестную функцию $w(x, y)$ в виде

$$w = \sum_{j=1}^n a_j f_j(x) g_j(y). \quad (10)$$

Получив уравнения для вариации полной энергии пластины, вводя безразмерные величины и константы, получим алгебраическое уравнение относительно a_j . Напряжения в анизотропной перемычке имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\bar{z} s}{t} \sum_{j=1}^n a_j (B_{11} f_j'' g_j + t^2 B_{12} f_j g_j'') + \frac{8t^2}{(1 + 16t^2(1 - 2\bar{y})^2)^{\frac{3}{2}}} B_{12} \sum_{j=1}^n a_j f_j g_j; \\ \sigma_y &= \frac{\bar{z} s}{t} \sum_{j=1}^n a_j (t^2 B_{22} f_j'' g_j + B_{12} f_j g_j'') + \frac{8t^2}{(1 + 16t^2(1 - 2\bar{y})^2)^{\frac{3}{2}}} B_{22} \sum_{j=1}^n a_j f_j g_j; \\ \tau_{xy} &= B_{66} s \bar{z} \sum_{j=1}^n a_j f_j' g_j'; \\ \tau_{xz} &= \frac{1}{8} h_1 (B_{11} \sum_{j=1}^n a_j f_j''' g_j + t^2 (B_{12} + 2B_{66}) \sum_{j=1}^n a_j f_j' g_j''); \\ \tau_{yz} &= \frac{1}{8} h_1 (t^3 B_{22} \sum_{j=1}^n a_j f_j g_j''' + t (B_{12} + 2B_{66}) \sum_{j=1}^n a_j f_j'' g_j'). \end{aligned} \quad (11)$$

Если пластина имеет форму полуокружности, тогда координаты определяем в пределах

$$0 \leq \bar{x} \leq 2\sqrt{\bar{y} - \bar{y}^2}; \quad 0 \leq \bar{y} \leq 1. \quad (12)$$

Координатные функции выберем по методу Ритца и Бубнова-Галёркина в виде степенных полиномов.

При воздействии установившейся температуры вышеприведенные нормальные напряжения необходимо увеличить на величину

$$\sigma_{T(x,y)} = -\alpha_{(x,y)} \cdot E_{(x,y)} \cdot \Delta t / (1 - \nu_{(x,y)}), \quad \Delta t = T - T_0, \quad (13)$$

где $\alpha_{x,y}$ – коэффициент линейного расширения материала, в направлениях x, y , $1/K$; T , T_0 – температура взрывоустойчивой перемычки и начальная температура в горной выработке соответственно, K ($^{\circ}C$).

Адекватность разработанной математической модели НДС перемычки под действием ВУВ проверена, в частности, на натурных перемычках США и Польши при их исходных данных. В первом случае перемычка разрушилась, в связи с превышением максимальных напряжений над допустимыми их значениями, во втором – нет. Отдельные результаты исследований распределения напряжений в перемычке из цементно-шлакового материала под действием ВУВ, горного давления и перепада температур для некоторых условий их возведения приведены на рисунках 2–4.

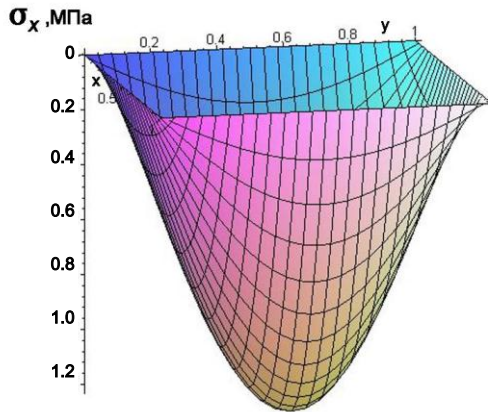


Рисунок 2 – Распределение нормальных напряжений σ_x в перемычке из цементно-шлаковой смеси с параболической кривизной, шарнирными краями при $S = 30 \text{ м}^2$, $H = 1400 \text{ м}$, толщине $h = 5,5 \text{ м}$, $E = 2,15 \cdot 10^2 \text{ МПа}$, $\nu = 0,22$, нагрузке $q_z = 2,8 \text{ МПа}$

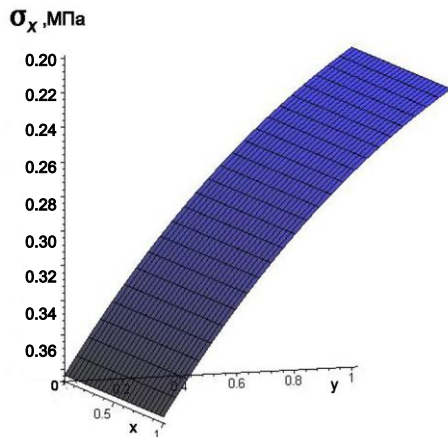


Рисунок 3 – Распределение нормальных напряжений σ_x в перемычке из цементно-шлаковой смеси с параболической кривизной, шарнирными краями при $S = 30 \text{ м}^2$, $H = 1400 \text{ м}$, $h = 2,0 \text{ м}$, $E = 2,15 \cdot 10^2 \text{ МПа}$, $\nu = 0,22$

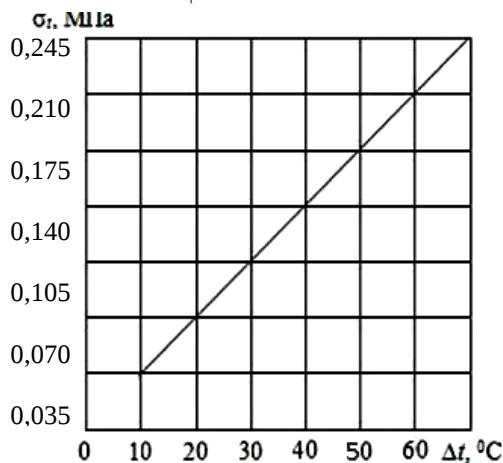


Рисунок 4 – Зависимость напряжений от перепада температур в результате воздействия взрывной ударной волны (коэффициент линейного расширения материала цементно-шлаковой смеси $\alpha = 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$, $E = 2,15 \cdot 10^2 \text{ МПа}$, $\nu = 0,22$)

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод, что напряжения в перемычке с параболическим радиусом кривизны в 1,1-1,2 раза меньше, чем с полуокружностью, обеспечивая ее запас прочности с коэффициентом 1,7.

Рассмотрен вопрос о применении креплений проемных труб различными элементами к горной выработке с точки зрения механики сопряженных двух тел. Результаты исследований позволили установить, что их влиянием на НДС перемычки можно пренебречь.

В четвертом разделе приведены параметры, технология приготовления сухих смесей и возведения взрывоустойчивых перемычек, вопросы совершенствования технических средств.

Анализ результатов исследований НДС перемычки из цементно-шлакового состава позволил разработать номограмму для определения ее толщины в зависимости от площади сечения, глубины возведения, перепада температур и нагрузок при шарнирном ее креплении по контуру (рис. 5).

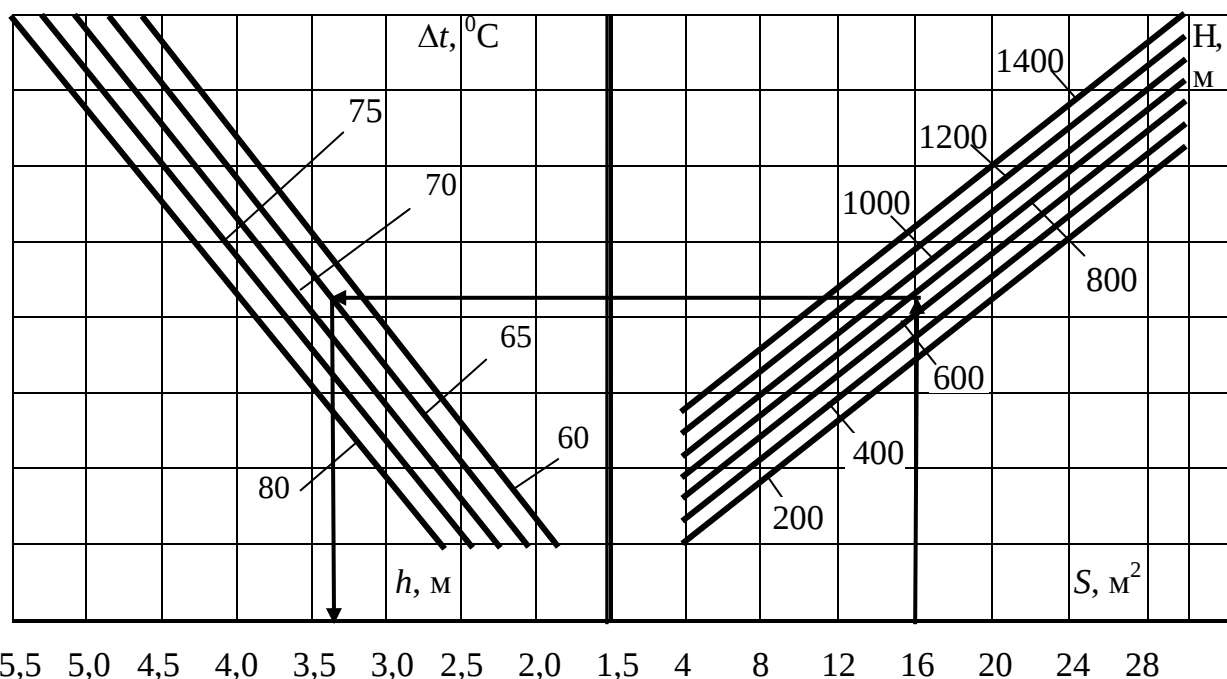


Рисунок 5 – Номограмма для определения толщины взрывоустойчивой перемычки h в зависимости от площади сечения выработки S , глубины возведения H , перепада температур Δt при возможном давлении во фронте ВУВ $q_z = 2,8 \text{ МПа}$

Даны рекомендации по использованию в дальнейшем математических моделей для исследований НДС перемычки, в общем, выполненной из анизотропного материала, что позволит значительно уменьшить ее толщину, а, следовательно, сократить материальные затраты и время возведения.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения перемычек, возведенных из цементно-шлаковой и цементно-зольной смесей, за счет, прежде всего, увеличения срока их службы составляет 2163,9 тыс. руб. и 4018,4 тыс. руб. соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основе установления закономерностей НДС взрывоустойчивых перемычек, возведенных из цементного вяжущего и отходов местного производства, дано решение актуальной научно-технической задачи по обоснованию их параметров, обеспечивающих их прочность и промышленную безопасность при тушении пожаров и взрывах в угольных шахтах.

Основные выводы, научные и практические результаты работы заключаются в следующем.

1. Установлены зависимости, позволяющие выбирать технологический состав материала для перемычки с учетом его механических характеристик, которые определяют безопасные параметры взрывоустойчивых перемычек.

2. Разработана математическая модель НДС взрывоустойчивых перемычек, находящихся под действием горного давления, давления во фронте ВУВ и температуры, учитывающая два вида граничных условий жесткого и шарнирного крепления по периметру выработки.

3. Разработанная математическая модель представлена в виде графического отображения (номограммы) многофункциональной зависимости толщины перемычки от площади сечения выработки, глубины возведения, перепада температур с учетом давления ВУВ и времени твердения цементно-шлакового и цементно-зольного материалов в лабораторных условиях и в моноблоке перемычки.

4. На основании результатов физического моделирования методом эквивалентных материалов и теоретических исследований установлено, что проемные металлические трубы практически не влияют на напряженно-деформированное состояние перемычки.

5. Дано обоснование времени начала безопасной эксплуатации взрывоустойчивой перемычки, возведенной из цементно-шлакового материала с отношением компонентов 7:3 и ускорителем твердения (хлористый кальций), которое при пределе прочности материала не менее 3,0 МПа, составляет не более 5,0 ч после окончания заливки моноблока перемычки.

6. Разработан технологический режим, средства и технология приготовления смесей и возведения перемычек.

7. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения перемычек из цементно-шлакового и цементно-зольного материалов составляет 2163,9 тыс. руб. и 4018,4 тыс. руб. соответственно.

СПИСОК ОБУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях ВАК ДНР, монография

1. **Пефтибай, Г.И.** Определение основных параметров каркасных опалубок многоэтажного использования для возведения изолирующих сооружений / Г.И. Пефтибай, В.А. Чернышев, Э.Г. Чайковская // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2016. – № 3 (53). – С. 103–111.

2. **Пефтибай, Г.И.** Быстротвердеющие зольно-цементные и шлако-цементные смеси для возведения взрывоустойчивых перемычек / Г.И. Пефтибай, Н.А. Галухин, Е.В. Курбацкий // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2017. – № 4 (54). – С. 70-81.

3. Агеев, В.Г. Моделирование воздействия горного давления на взрывоустойчивую перемычку / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай**, И.Ф. Марийчук // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2018. – № 2 (55). – 118 с., с. 44 – 52.

4. Агеев, В.Г. Математическая модель напряженно-деформированного состояния взрывоустойчивой перемычки под действием ударных волн / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай** // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2018. – № 3 (55). – 120 с., с. 7 – 18.

5. Агеев, В.Г. Напряженное состояние шахтной взрывоустойчивой перемычки / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай**, И.Ф. Марийчук // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2018. – № 4 (55). – С. 7 – 14.

6. Пашковский, П.С. Влияние тепловыделения цементных материалов на кинетику ранней прочности взрывоустойчивой перемычки / П.С. Пашковский, **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2019. – № 1 (56). – С. 47 – 56.

7. Пашковский, П.С. Повышение эффективности возведения взрывоустойчивых перемычек гидромеханическим способом в горных выработках шахт / П.С. Пашковский, **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин // Вестник Академии гражданской защиты: научный журнал. – Донецк: ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2019. – Вып. 2 (18). – С. 78-86.

8. **Пефтибай, Г.И.** Расчет конструктивных параметров быстровозводимых каркасных опалубок многоразового использования для возведения взрывоустойчивых перемычек с использованием цементных смесей / **Г.И. Пефтибай**, В.А. Чернышев, Э.Г. Чайковская // Вестник Академии гражданской защиты: научный журнал. – Донецк: ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2020. – Вып. 1 (21). – С. 112-119.

9. Методы и средства противотепловой защиты спасателей (горнорабочих) и тушения пожаров в тупиковых выработках: монография / С.Б. Борщевский, В.В. Мамаев, С.А. Калякин, И.Ф. Марийчук, А.А. Пилипенко, И.Ф. Дикенштейн, Г.В. Завьялов, А.Л. Кавера, Д.Д. Выговская, **Г.И. Пефтибай**, Р.А. Тишин ; под общ. ред. В.В. Мамаева и И.Ф. Марийчука; Гос. науч.-исслед. ин-т горноспасат. дела, пожар. безопасности и граждан. защиты населения (НИИГД «Респиратор»). – Донецк, 2021. – 440 с.

Публикации в рецензируемых изданиях ВАК Российской Федерации

10. Агеев, В.Г. Математическая модель напряженно-деформированного состояния взрывоустойчивой перемычки под действием горного давления без учета действия воздушной ударной волны / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай** // Вестник НЦ ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли – Кемерово, 2017. – № 4. – С. 68-74.

11. **Пефтибай, Г.И.** Малокомпонентные быстротвердеющие цементные смеси для возведения взрывоустойчивых перемычек // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли – Кемерово, 2018. – № 1. – С. 47-52.

12. **Пефтибай, Г.И.** Прочностные характеристики цементно-шлакового материала взрывоустойчивой перемычки / **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин, И.Ф. Марийчук, Н.И. Василенко // Подземная угледобыча XXI век-2: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва, 2018. – № 11 (специальный выпуск 49). Т. 2, С. 432-442.

13. **Пефтибай, Г.И.** Параметры шахтной взрывоустойчивой перемычки из материалов на основе цементного вяжущего // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли – Кемерово, 2018. – № 4. – С. 24-30.

Публикации в других рецензируемых изданиях, патент

14. Омельченко, А.С. Основные технологические параметры приготовления и перекачивания быстротвердеющих растворов / А.С. Омельченко, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская, Н.П. Диденко // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД. – Донецк, 2002. – С. 110 – 114.
15. Омельченко, А.С. Новое оборудование для возведения изолирующих сооружений в шахтах / А.С. Омельченко, **Г.И. Пефтибай**, Е.И. Бржевский // Уголь Украины. – 2003. – № 1. – С. 40 – 41.
16. **Пефтибай, Г.И.** Требования к материалам для возведения изолирующих сооружений в угольных шахтах / Горноспасательное дело: сб. науч. тр. // НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2003. – С. 36 – 44.
17. **Пефтибай, Г.И.** Устойчивость безопалубочных перемычек / Горноспасательное дело: сб. науч. тр. // НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2004. – Вып. 41. – С. 93 – 97.
18. Каледин, Н.В. Возведение перемычек в обводненных горных выработках / Н.В. Каледин, **Г.И. Пефтибай**, А.С. Омельченко, В.М. Медгаус // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2005. – Вып. 42. – С. 22-30.
19. Каледин, Н.В. Современные материалы для возведения гидромеханическим способом изолирующих сооружений в шахте / Н.В. Каледин, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2009. – Вып. 46. – С. 42 – 50.
20. **Пефтибай, Г.И.** Применение современных материалов для возведения изолирующих взрывоустойчивых сооружений / Г.И. Пефтибай, Э.Г. Чайковская, А.М. Луганский // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2010. – Вып. 47. – С. 25– 34.
21. Агеев, В.Г. Пути совершенствования оборудования для изоляции участков при пожарах в шахтах / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай** // Научный вестник УкрНИИПБ. – Киев, 2012. – № 1 (25). – С. 60 – 67.
22. Агеев, В.Г. Расчет конструктивных параметров оборудования для возведения изолирующих сооружений гидромеханическим способом в шахтах / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская // Научный вестник УкрНИИПБ. – Киев, 2013. – № 1 (27). – С. 212 – 218.
23. Агеев, В.Г. Определение технологических параметров возведения перемычек / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская // Уголь Украины. – 2014. – № 6. – С. 32 – 36.
24. Пат. 55805 Україна, МПК В28С, 5/14. Пристрій для приготування і нагнітання швидкотверднучих розчинів / М.В. Калєдін, А.С. Омельченко, **Г.І. Пефтібай**, В.М. Медгаус, Л.М. Тельпнер; власник патенту Науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи та пожежної безпеки. – № 2002065307, заявл. 27.06.2002; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

Публикации в сборниках материалов научных конференций, входящих в наукометрическую базу РИНЦ

25. **Пефтибай, Г.И.** Новое оборудование для возведения изолирующих сооружений на горнодобывающих предприятиях при ведении аварийно-спасательных работ / Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции, В 3 т. Т. 2. – Минск, 2005. – С. 136 – 137.

26. **Пефтибай, Г.И.** Эффективные средства возведения изолирующих сооружений в подземных выработках при ведении аварийно-спасательных работ / Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і перспективи (Пожежна безпека – 2005): матеріали VII Всеукраїнської наук.- практ. конф. – Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2005. – С. 248-250.

27. Совершенствование эксплуатационных параметров оборудования для возведения изолирующих взрывоустойчивых перемычек в шахтах / П.С. Пашковский, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская, Н.А. Выпирайло // XXIV Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам пожарной безопасности, посвященная 75-летию создания института: тезисы докладов. Ч. 3. М.: ВНИИПО, 2012. – С. 362 – 365.

28. Оптимизация конструктивных элементов оборудования для возведения изолирующих сооружений в шахтах с учетом основных технологических параметров // В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай** // Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів: збірник тез Всеукраїнської наук.-практ. конф. – Харків: НУЦЗУ, 2013. – С. 312 – 314.

29. Основные требования и средства технологического контроля возведения взрывоустойчивых перемычек / Е.В. Курбацкий, В.Л. Овчаренко, **Г.И. Пефтибай**, Э.Г. Чайковская // Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность и вентиляция подземных сооружений в XXI столетии». – Донецк: ДонНТУ.– 2015– С. 3 – 10.

30. Совершенствование оборудования для приготовления и перекачивания растворов при возведении взрывоустойчивых сооружений / Е.В. Курбацкий, **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин, А.В. Чапкович // Современные проблемы охраны труда и аэрологии горных предприятий: Материалы IV Республиканской науч.- тех. конф. / ДонНТУ. – Донецк, 2016. – С. 132-142.

31. **Пефтибай, Г.И.** Быстротвердеющие смеси с использованием промышленных отходов / Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. 22-23 ноября 2017 г. / КузГТУ [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (25 Мб). – Кемерово, 2017. – 1CD-диск, без сопровод. документации. – Систем. требования: MS Windows XP; ОЗУ 1 Гб для MS Windows XP / 2 Гб для MS Windows Vista / 7 / 8; частота процессора не менее 1,0 ГГц; 3D-видеоадаптер с памятью 128 Мб, совместимый с DirectX® 9.0c; DirectX® 9.0c; Интернет-браузер Microsoft Internet Explorer 10 / Mozilla Firefox 27 / Google Chrome 32 / Opera 18 с включенной поддержкой Javascript; ПО для чтения файлов

PDF-формата; CD-ROM дисковод; SVGA-совместимая видео-карта; мышь. – Секция 1. Промышленная безопасность в современных условиях, 142-1.

32. Быстротвердеющие цементно-минеральные смеси для возведения взрывоустойчивых шахтных сооружений / **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин // Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов XII междунар. науч.-практ. конф., посвящен. Году граждан. обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. / ФГБОУ ВО Иванов. пожарно-спасател. академия ГПС МЧС России. – Иваново, 2017. – С. 537-540.

33. Прочностные свойства взрывоустойчивых перемычек из цементных вяжущих / В.Г. Агеев, **Г.И. Пефтибай**, Н.А. Галухин // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: 4 конф. междунар. науч. школы академика РАН К.Н. Трубецкого, 16–20 ноября 2020 г. / ИПКОН РАН. – М., 2020. – С. 468–471.

АННОТАЦИЯ

Пефтибай Георгий Иванович. Обоснование параметров взрывоустойчивых перемычек угольных шахт из материала на основе цементного вяжущего. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям) (технические науки). – Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС ДНР».

Диссертация посвящена напряженно-деформированному состоянию взрывоустойчивых перемычек, возводимых из материалов на основе цементного вяжущего и отходов местного производства (доменного шлака, золы-уноса ТЭС).

Взрывоустойчивые перемычки из гипсовых вяжущих обладают некоторыми существенными недостатками: низкая водостойкость материала снижает надежность сооружения и исключает возможность ее применения в обводненных выработках; быстрое схватывание раствора ограничивает дальность транспортирования гидромеханическим способом, что затрудняет эксплуатацию оборудования.

В связи с этим целесообразно использование в качестве материала для перемычек цементного вяжущего и отходов местного производства с добавкой ускорителя твердения, что позволит снизить стоимость их возведения и способствовать решению вопросов по охране окружающей среды.

Рассмотрена расчетная схема перемычки в виде анизотропной (армированной) и, в частности, изотропной пластины, контур которой жестко или шарнирно закреплен, радиус кривизны которой меняется или по параболической зависимости, или по полуокружности под действием горного давления, воздушной ударной волны и температуры.

Определены состав и механические характеристики материалов перемычки, которые практически равны предельным значениям напряжений для строительного гипса.

Для решения задачи использован один из основных методов исследований краевых задач – вариационный метод.

На основании исследований напряженно-деформированного состояния перемычки разработана номограмма для оперативного определения ее основной характеристики – толщины.

Ключевые слова: взрывоустойчивая перемычка, горное давление, воздушная ударная волна, температура, напряженно-деформированное состояние, цементное вяжущее, нагрузка, номограмма

ABSTRACT

PEFTIBAY G.I. Substantiation of parameters of explosion-stable stoppings of coal mines made from a cement binding material. – Manuscript.

Dissertation for a degree of Candidate of Technical Sciences on the speciality 05.26.03 – Fire and Industrial Safety. – State budgetary establishment «The Scientific Research Institute «Respirator» EMERCOM DPR».

The dissertation is devoted to the deflected mode of explosion-stable stoppings being erected from the materials based on the cement binding material and home-produced waste products (blast-furnace slag, fly ash of thermal power-stations).

The explosion-stable stoppings from the gypsum binding materials possess some fundamental defects: the low water resistance of the material reduces the structure safety and rules out a possibility of its use in water-flooded mine workings; the fast mortar setting restricts the haulage by the hydromechanical method what makes difficulties for equipment maintenance.

The application of the cement binding material and home-produced waste products with accelerated cement hardener as the material for the stoppings is appropriate thereby, what will allow cutting the cost of their erection and will promote the solving of environment protection questions.

The design diagram of the stopping in the form of an anisotropic (reinforced) and in particular isotropic plate which contour is fixed or merely supported has been considered. The radius of curvature of this isotropic plate is changed according to the parabolic dependence or to the semicircumference under the influence of overburden pressure, air-shock wave and temperature.

The composition and mechanical characteristics of the materials of the stopping have been determined that are practically equal to the tension limits for gypsum plaster.

To solve the goal one of the principal methods of testing the boundary-value problems, i.e. the variation method.

On the basis of investigations of the deflected mode of the stopping a nomogram has been developed for the quick determination of its principal characteristic, i.e. the thickness.

Key words: explosion-stable stoppings, overburden pressure, air-shock wave, temperature, deflected mode, cement binding material, loads, nomogram

Подписано к печати 20.09.2022 г. Формат 60x84x1/16.
Усл. печ. л. 1,0. Печать – лазерная.
Заказ № 09-29. Тираж 100 экз.

Отпечатано ФЛП Кириенко С.Г. Свидетельство о государственной регистрации
физического лица-предпринимателя № 40160 серия АА02 от 05.12.2014 г.
ДНР, 283014, г. Донецк, пр. Дзержинского, 55/105.
Тел.: +38(071)524-50-36, e-mail: ksg5036@mail.ru