

На правах рукописи



ГОРШКОВ Андрей Михайлович

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ
ТВЕРДЕЮЩЕГО ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА**

Специальность: 25.00.36 – «Геоэкология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 2006

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении
«Новокузнецкий филиал – институт Кемеровского государственного
университета»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Сенкус В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лесин Ю.В.

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Каминский Д.А.

Ведущая организация: ОАО «Кузбассгипрошахт»

Защита диссертации состоится « 07 » апреля 2006 г. в 12 часов на засе-
дании диссертационного совета ДМ 212.102.04 при Государственном учре-
ждении «Кузбасский государственный технический университет» по адре-
су: 650026, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного
учреждения «Кузбасский государственный технический университет»

Автореферат разослан « 06 » марта 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Евменов С.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Функционирование предприятий угольной, металлургической, энергетической и других отраслей в промышленных регионах создают негативные техногенные воздействия на окружающую среду. Твердые минеральные отходы на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях составляют значительную часть общего количества образующихся отходов и наносят ущерб окружающей природной среде. Например, при добыче угля подземным способом масса попутно извлекаемых пород по Прокопьевско-Киселевскому промышленному району составляет до 3,0 млн. тонн в год. В целом по Кузбассу золошлаковые отходы при сжигании угля предприятий энергетики составляют 2,0 - 4,0 млн. тонн в год, а предприятий жилищно-коммунального сектора - 1,1 млн. тонн в год.

Различные аспекты экологизации горнодобывающих комплексов рассматриваются в научных исследованиях ИПКОН РАН, ИГД им. А.А. Скочинского, МГГУ, СибГИУ, КузНИУИ, КузГТУ и других университетов, научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, развивались в трудах ученых Агошкова М.И., Барсукова И.И., Ефимова В.И., Каплунова Ю.В., Костовецкого В.П., Кравченко В.П., Красавина А.П., Лавцевича В.П., Лесина Ю.В., Постникова В.И., Пучкова Л.А., Рыжкова Ю.А., Скрынника Л. С., Самохвалова Ю.И., Селегей Т.С., Сластунова С.В., Трубецкого К.Н., Худина Ю.Л. и многих других.

Одним из перспективных направлений утилизации твердых отходов является закладка выработанного пространства твердеющими смесями, которая долгие годы находится в стадии эксперимента, так как в качестве вяжущего материала применяется цемент, что ведет к повышению себестоимости добычи угля и сдерживает внедрение этих технологий.

Прокопьевско-Киселевский район относится к одному из экологически неблагоприятных промышленно-технических комплексов Кузбасса, включающий городские, сельскохозяйственные территории, производства, ландшафты, под которыми ведутся горные работы, способствующие образованию провалов. На хозяйственно-бытовых и промышленных предприятиях района накоплено свыше 90 млн. тонн отходов, при этом на его территории расположены шахты, обрабатывающие мощные крутые пласты, для которых закладка выработанного пространства является одним из основных требований Правил безопасности ведения горных работ.

В настоящее время закладку выработанного пространства шахт в значительных объемах ведут с применением дорогостоящих материалов (цемент, песок, гравий и др.). Снизить затраты на данной стадии добычи угля позволяет внедрение технологий утилизации отходов, где в качестве компонентов твердеющих смесей можно использовать отходы промышленных предприятий.

Для возведения искусственных массивов можно использовать отходы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, обладающие вяжущими свойствами, а для проверки эффективности использования требу-

БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
09 10 2007

ется разработка методов и технических средств, позволяющих устанавливать прочностные характеристики массива в ходе проведения закладки. Поэтому исследования, направленные на утилизацию отходов промышленных предприятий для возведения искусственного закладочного массива, сохранение природно-технических комплексов угольных районов, а также обоснование рациональных составов и контроль качества закладки являются своевременными и актуальными.

Объект исследования: закладочный массив для заполнения выработанного пространства шахт, сформированный из отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Предмет исследования – свойства отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, применяемых в качестве компонентов для приготовления твердеющей смеси, определяющие количественный состав и время набора прочности закладки.

Целью диссертации является выявление факторов и закономерностей, определяющих характеристики искусственного закладочного массива для утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и сохранения природно-технических комплексов угледобывающих районов.

Идея работы заключается в использовании физико-химических свойств отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий для формирования состава смесей и приготовления закладочных массивов выработанных пространств шахт.

Задачи исследования:

– изучить базу отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий сибирского региона и характеристики компонентов, обладающих вяжущими свойствами, пригодных для производства бесцементных твердеющих смесей и закладки выработанного пространства угольных шахт;

– исследовать составы и установить зависимости физико-механических характеристик закладочного массива от количественного состава бесцементных смесей из отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, времени набора прочности и величины электрической проводимости закладки;

– разработать направление утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и метод подбора рационального состава компонентов твердеющей смеси на основе установленных зависимостей прочностных характеристик закладочного массива от количественного состава бесцементных смесей и времени набора прочности закладки;

– разработать методику контроля прочности литой твердеющей закладки с применением промышленных средств мониторинга на основе установленных зависимостей прочности закладочного массива и времени ее набора от электрической проводимости.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовался комплекс методов:

- анализ и обобщение результатов научных исследований для разработки принципов формирования литой твердеющей закладки, обеспечивающих заданные технологические параметры искусственного массива, а также выявления сырьевой базы отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий сибирского региона и характеристик компонентов, обладающих вязущими свойствами для производства бесцементных твердеющих смесей;

- лабораторно-стендовые и натурные экспериментальные исследования, обработка результатов методами графики и математической статистики для выявления закономерностей прочностных характеристик закладочного массива от количественного состава компонентов смеси и времени набора прочности;

- графоаналитический метод для корректировки количественного состава компонентов литой твердеющей закладки;

- опытно-промышленные испытания и внедрение составов бесцементных твердеющих смесей в производственных условиях для обоснования их пригодности.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Прочностные характеристики закладочного массива определяются составом твердеющей смеси и нелинейно зависят от времени набора прочности.

2. Выбор рационального состава твердеющей смеси из отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий обеспечивает выполнение технологических требований горного производства и минимизирует затраты на закладку выработанного пространства шахт и сохранение природно-технического комплекса.

3. Величина силы разрядного тока параболически зависит от времени набора прочности твердеющей смеси, что позволяет оценивать параметры качества закладочного массива и корректировать состав закладочной смеси в ходе производства работ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждаются:

- сходимостью результатов лабораторно - экспериментальных исследований различных составов бесцементных смесей из отходов промышленных предприятий с результатами шахтных инструментальных наблюдений за формированием литой твердеющей закладки в выработанном пространстве (расхождение не более 10%);

- представленным объемом результатов экспериментальных исследований различных составов бесцементных твердеющих смесей из отходов промышленных производств (произведено более 1200 испытаний экспресс - методом, испытано на прессе более 400 образцов);

- положительным опытом утилизации отходов промышленных производств для сохранения природно-технического комплекса шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь».

Научная новизна работы:

- обосновано направление утилизации отходов промышленных производств, обладающих вяжущими свойствами, для замены цемента, отвечающее требованиям промышленной безопасности ведения горных работ и снижения уровня негативного воздействия предприятий на окружающую среду;
- разработана методика подбора компонентов и рационального состава закладочной смеси, основанная на технологических требованиях горного производства и физико-химических свойствах компонентов смеси;
- впервые установлены зависимости физико-механических характеристик закладочного массива из отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий для различных составов закладки от времени набора прочности массива;
- впервые установлена зависимость величины силы разрядного тока от времени набора прочности твердеющей смеси;
- предложено научно-обоснованное направление утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, отличающееся тем, что для приготовления твердеющей смеси заданных свойств вяжущий материал дробится до тонкодисперсного состояния и дозируется в смесь в соответствии с технологическими требованиями к закладочному массиву.

Личный вклад автора состоит:

- в изучении базы отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий пригодных для производства твердеющих смесей;
- в установлении зависимостей прочностных характеристик закладочного массива для различных составов смесей из отходов промышленных производств от времени набора прочности;
- в разработке методики формирования составов смесей из отходов промышленных производств на основе графоаналитического метода и принципа минимизации затрат на закладку;
- в разработке научно-обоснованного направления утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий для сохранения природно-технических комплексов угледобывающих районов;
- в разработке методики контроля прочности возводимого искусственного сооружения на основе промышленных средств мониторинга.

Научное значение заключается:

- в выявлении влияния состава и времени набора прочности закладки из отходов производств на прочностные свойства искусственного твердеющего массива, обеспечивающего безопасность горных работ, утилизацию отходов, сохранение природно-технического комплекса, защиту окружающей среды и позволяющего расширять номенклатуру утилизируемых отходов;
- в оценке состояния твердеющего массива в выработанном пространстве на основе установленных зависимостей прочностных параметров закладки от её электрической проводимости.

Практическая ценность работы заключается в утилизации отходов промышленных производств, используемых в качестве вяжущих и наполнителей при формировании закладочного массива, обеспечивающей повышение эффективности работы шахт, снижение уровня загрязнения окружающей среды и сохранение природно-технологических комплексов в горнодобывающих регионах.

Реализация работы. Научные результаты и рекомендации, разработанные в диссертации, прошли практическую апробацию в ходе опытно-промышленных испытаний составов бесцементных твердеющих смесей на основе отходов промышленных предприятий для сохранения природно-технического комплекса шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь» при отработке пластов Горелый и I Внутренний.

Апробация работы. Основные положения диссертации и результаты исследований докладывались и получили одобрение на Региональной конференции «Перспективы развития технологии переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты» (Новокузнецк, 2003), научно-техническом совете КузНИУИ (Прокопьевск, 2002), ученых советах и научных семинарах кафедры экологии и естествознания Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета (Новокузнецк, 2002-2004).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 9 научных статей.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, содержит 159 страниц машинописного текста, в том числе 28 таблиц, 28 рисунков и список использованной литературы из 81 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ходе перестройки экологические императивы предприятий и государства изменились. Переход к устойчивому развитию отраслей промышленности России предполагает осуществление рациональной экологической политики, базирующейся на использовании финансово-экономических возможностей субъектов природопользования при эффективном государственном регулировании. Специфика решения экологических задач заключается в том, что улучшение состояния природной среды возможно за счет снижения негативных воздействий от деятельности человека, которые могут угрожать развитию человеческого общества.

Основные направления комплексного использования месторождений полезных ископаемых предусматривают вовлечение в производство отходов горного производства, загрязняющих природную среду. Однако эффективность природоохранной деятельности в настоящее время остается недостаточной, что обуславливает необходимость разработки стратегии экологического развития угольной промышленности, предусматривающей комплексное решение проблем рационального природопользования.

Первый раздел посвящен обзору состояния рационального природопользования и охраны окружающей среды на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях. Выполнен анализ антропогенного воздействия отходов на окружающую среду и способы их снижения. Установлено, что исследователями разрабатывались различные технологии утилизации отходов с применением дорогостоящих вяжущих материалов, но не применялись составы бесцементных твердеющих закладочных смесей из отходов промышленных предприятий и не рассматривались вопросы рационального подбора их составов.

Анализ состояния охраны окружающей среды на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях России показывает, что за последние 10 лет в угольной промышленности в результате экономических преобразований происходят изменения, которые отрицательно отражаются на экологической безопасности угольного производства и устойчиво проявляются следующие негативные тенденции:

- моральное старение и физический износ основного технологического оборудования и природоохранных объектов действующих угольных шахт, разрезов, обогатительных фабрик, медленное их обновление;
- низкий уровень инвестиций на строительство природоохранных объектов, малые объемы строительства водоочистных сооружений, пылегазоулавливающих установок и других природоохранных объектов;
- снижение внимания к охране окружающей среды со стороны руководителей и служб охраны природы предприятий;
- не востребованность научно-технических разработок, отсутствие стимулов внедрения на производстве и др.

Нерациональное использование и потери при добыче природных ресурсов приводят к возрастанию объемов отходов и ущерба окружающей среде в угледобывающих регионах.

Большинство отходов обладает полезными свойствами и может быть использовано на горных предприятиях и в других отраслях. Перевод отходов в категорию вторичных ресурсов позволяет снизить затраты на добычу полезных ископаемых и ущерб от ее воздействия на окружающую среду.

Основным направлением использования шахтных пород и отходов углелебощения и энергетики является применение их в качестве закладочного материала.

Во втором разделе исследуется положительный опыт отработки запасов угля, расположенных под городскими сооружениями, с полной закладкой выработанного пространства и сырьевая база недефицитных материалов из отходов промышленных производств, которые предполагается использовать как компоненты для приготовления бесцементных твердеющих смесей.

При изучении сырьевой базы недефицитных материалов, которые предполагается использовать как компоненты для приготовления бесцементных твердеющих закладочных смесей, рассматривался: вид отходов; удаленность промышленного предприятия; годовой объем выработки отхо-

дов и их количество в отвалах; характеристики отходов (таблица 1) и их химические свойства.

Материалы, применяемые в качестве компонентов твердеющих смесей, классифицируются по назначению: вяжущее, активизатор или ускоритель твердения, заполнитель и реагент процесса твердения (вода). В качестве вяжущего, в основном, применяется цемент различных марок. Для замены цемента предлагается использовать отходы промышленных производств, обладающие вяжущими свойствами.

Для закладки выработанного пространства угольных шахт в качестве вяжущего перспективными являются отходы Ачинского глиноземного комбината (АГК) - нефелиновые шламы. Нефелиновый шлам АГК – это песок с насыпной плотностью (в сухом виде) 1050 кг/м³; максимальная водоудерживающая способность 29%. Сухой шлам на воздухе приобретает влажность 4 – 5%, по минералогическому составу состоит на 80 – 85% из двухкальцевого силиката. Гидравлическая активность шлама обусловлена высоким содержанием окиси кальция (до 59%), что проявляется после тонкого измельчения.

Таблица 1 – Характеристики отходов промышленных предприятий

Вид материала	Гранулометрический состав								Плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³
	Класс, мм									
	10	10-5	5-2,5	2,5-1,2	1,2-0,6	0,6-0,3	0,3-0,15	0,15		
	Выход, %									
Шахтовые породы	70,2	11,6	6,5	2,3	менее 1,2 мм - 9,4				2,7	1,4
Горелые породы терриконов	76,3	10,0	4,8	1,6	менее 1,2 мм - 7,3				2,5	1,4
Нефелиновый шлам АГК	-	-	-	2,9	17,6	52,9	20,6	6,0	-	1,05
Фторогипс АГК	9,8	3,9	5,9	13,7	37,3	21,5	5,9	2,0	-	1,7
Топливный шлак котельных	3,9	11,8	29,4	7,8	23,5	17,6	3,9	2,1	н.д.	1,4
Гранулированный шлак (ЗСМК)	3,3	6,0	27,0	14,0	31,2	12,0	4,3	2,0	2,9	1,2
Золошлаковые отходы Беловской ГРЭС	-	10,0	15,0	26,0	16,0	8,0	15,0	10,0	2,4	1,4
Золошлаковые отходы Южно-Кузбасской ГРЭС	-	-	-	-	0,8	1,2	2,0	96,0	2,2	1,1
Золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС	-	12,4	40,4	14,4	12,3	4,0	5,3	11,2	2,5	1,4
Зола уноса Южно-Кузбасской ГРЭС	-	-	-	-	0,1	0,4	1,9	97,6	2,8	1,5

В качестве активизатора используются золошлаковые отходы электростанций, шлак коммунальных и промышленных котельных, а также отходы Ачинского глиноземного комбината - фторогипс.

Третий раздел посвящен разработке методик контроля прочности возводимого искусственного сооружения на основе промышленных средств мониторинга за формированием литой твердеющей закладки и на основе

формирования составов бесцементных твердеющих смесей из отходов промышленных производств, также приведены результаты лабораторно - экспериментальных исследований по определению оптимального соотношения компонентов и влияния качества заполнителей на свойства твердеющих смесей.

При выборе заполнителя для твердеющих смесей учитывается возможность обеспечения объемов закладки запасами сырья, их стоимость, возможность транспорта и получения закладочного массива требуемой прочности. В качестве заполнителя в составах были исследованы горелые породы шахтных отвалов, породы шахт и отходы углеобогащения предприятий г. Прокопьевска, отходы Абагурской аглофабрики (г. Новокузнецк) и гранулированный шлак Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК). Анализ результатов исследований сырьевой базы и физико-механических свойств отходов промышленных производств показал возможность их использования как инертных заполнителей бесцементных твердеющих смесей.

Твердеющие смеси с заполнителем из гранулированного шлака ЗСМК готовились в соотношении (вяжущее: заполнитель) 1:6, 1:4, 1:3, при этом расход вяжущего (нефелинового шлама) составляет соответственно 250, 350, 450 кг/м³. Анализ результатов исследований показал, что при расходе вяжущего от 250 до 450 кг/м³ с добавлением активизатора твердения от 5 до 20 % от веса вяжущего происходит увеличение прочности твердеющих смесей после трехсуточного режима твердения. Нормативная прочность твердеющей смеси (4 МПа и более) достигается в 7-ми суточном режиме затвердения при вводе 10% добавки фторогипса.

Анализ прочностных характеристик составов показывает, что добавка фторогипса является ускорителем твердения и позволяет увеличить прочность в трехсуточном режиме затвердения с 0 до 1,5 МПа; аналогичная зависимость наблюдается при различных сроках твердения. Максимальная прочность твердеющих смесей с заполнителем из граншлака при нормальных условиях твердения составляет 32,0 МПа.

Исследуемые смеси отвечали условиям транспортабельности ($K_p \leq 1,0$), не расслаивались и представляли текучую однородную массу.

Лабораторные исследования прочностных свойств твердеющих смесей на основе нефелинового шлама с активизатором затвердения - фторогипсом и заполнителями из золошлаковых отходов Томусинской ГРЭС показали, что рациональный расход вяжущего составляет 330 кг/м³ (рисунок 1). Следует отметить, что скорость твердения составов до 14 - ти суток незначительна (по сравнению с цементными составами), а активный набор прочности наблюдается с 28 до 90 сут. На основании анализа результатов проведенных исследований, для испытаний в промышленных условиях могут быть рекомендованы составы с расходом вяжущего 330 кг/м³, активизатора твердения 210 кг/м³, заполнителя 890 кг/м³, воды 520 л/м³, обеспечивающие прочность не менее 4 МПа при 28-ми суточном режиме затвердения.

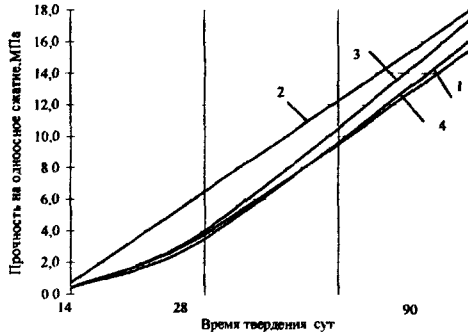


Рисунок 1 - Зависимость прочности закладки с заполнителем из золошлаковых отходов Томусинской ГРЭС от времени твердения: 1, 2, 3, 4 – при расходе нефелинового шлама 290, 330, 390, 430 кг/м³ соответственно

При исследованиях составов с заполнителем из шлаков котельных промышленных предприятий расход вяжущего принимался 400÷600 кг/м³, активизатора 60÷190 кг/м³ или 5÷15% от веса смеси. Анализ результатов (рисунок 2) показал, что для промышленной проверки могут быть рекомендованы составы с расходом вяжущего 600 кг/м³, активизатора 60 кг/м³, заполнителя 640 кг/м³, воды 570 л/м³.

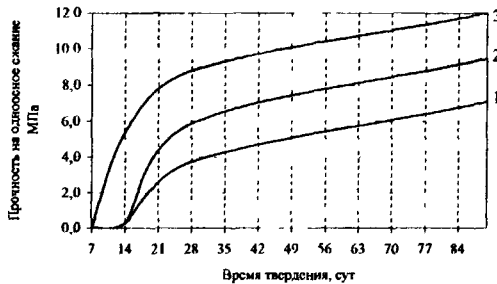


Рисунок 2 - Зависимость прочности закладки с заполнителем из шлаков котельных от времени твердения: 1, 2, 3 – при расходе нефелинового шлама 400, 500, 600 кг/м³ соответственно

Исследования бесцементных твердеющих смесей с заполнителем из пород кровли (песчаник) были проведены для пласта Характерного шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь», которые показали, что при расходе нефелинового шлама АГК 600 кг/м³ и активизатора 60 кг/м³ может быть получена прочность не менее нормативной, т.е. 4÷6 МПа при 28-ми суточном режиме затвердения.

Получение литой твердеющей закладки сопряжено с решением комплексной задачи, включающей изучение сырьевой базы компонентов, разра-

ботку составов, способов их приготовления и транспортирования в выработанное пространство. Анализ результатов исследований по разработке бесцементных литых твердеющих смесей с учетом сырьевой базы и технологических требований по приготовлению и применению их в качестве закладочного материала позволил выбрать их рациональные составы (таблица 2).

Для промышленной проверки выбраны следующие составы бесцементных твердеющих смесей (таблица 3), в которых в качестве вяжущего использовались нефелиновые шламы Ачинского глиноземного комбината (АГК).

По результатам исследований сформулировано следующее научное положение: *прочностные характеристики закладочного массива определяются составом твердеющей смеси и нелинейно зависят от времени набора прочности.*

Таблица 2 - Результаты исследований составов литых твердеющих смесей на основе нефелиновых шламов

Расход компонентов, кг/м ³						Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, при времени твердения, сут					
нефелиновый шлам	фторогипс	граншлак	породы шахт	шлаки котельных	золошлаковые отходы ГРЭС	вода	3	7	14	28	90
250	25	1500	-	-	-	500	0,3	4,4	7,8	11,7	
350	35	1400	-	-	-	475	1,0	5,5	11,5	14,3	
450	45	1300	-	-	-	500	1,5	8,6	12,8	20,5	
500	130			670		610	0	0	0,2	5,9	9,3
600	60			640		570	0	0,3	4,4	6,0	11,3
600	60	-	550	-	-	650	0,5	1,5	3,2	5,7	
330	210	-	-	-	890	520	0	0,1	0,9	6,7	18,0
390	210	-	-	-	830	520	0	0,1	0,5	4,0	17,6

Таблица 3 – Рекомендуемые составы бесцементных твердеющих смесей

Компоненты	Расход, кг/м ³
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	600
Заполнитель – шахтовые породы	550
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	60
Вода	650
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	250
Заполнитель - гранулированный шлак ЗСМК	1500
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	25
Вода	500
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	330
Заполнитель – золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС	890
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	210
Вода	520
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	600
Заполнитель – шлаки бытовых и промышленных котельных	640
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	60
Вода	570

В настоящее время реально существует ряд способов и технологий возведения искусственного закладочного массива: механический - с подачей сыпучих и кусковых материалов специальными транспортными средствами; пневматический - с подачей сыпучих компонентов воздухом; гидравлический с подачей смеси водой, а также комбинированные, которые характеризуются использованием дорогостоящих материалов для закладки.

Концепция утилизации отходов для сохранения природно-технических комплексов базируется на использовании отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, обладающих вяжущими и необходимыми физико-химическими свойствами. При этом период набора прочности закладочного массива и состав компонентов смеси выбирается исходя из технологических требований ведения горных работ, полученных зависимостей с использованием графоаналитического метода и принципа минимизации стоимости закладки.

В основе механизма твердения смесей из отходов производств лежат кристаллизационная теория Ле Шателье и коллоидная теория В. Михаэлиса. При подборе составов твердеющих смесей измельченные вяжущие вещества дозируются в определенных пропорциях, исходя из их физико-химических свойств, что позволяет получить твердеющую закладку с заданными параметрами.

Анализ сырьевой базы показал целесообразность применения в качестве компонентов твердеющих смесей отходы промышленных производств. В задачу исследований входило определение оптимального соотношения компонентов, а также влияние качества заполнителей на свойства твердеющих смесей.

Сущность графоаналитического метода заключается в графическом построении зависимостей прочности твердеющей смеси от времени твердения при различных видах наполнителей и вяжущих материалов, по которым определяется оптимальное время твердения смеси, при котором прочность твердеющего массива достигает величины не менее нормативной, т.е. $\geq 4,0$ МПа. По данному показателю определяются соотношения объемов составов твердеющих смесей, из которых, на основе принципа «минимизации стоимости закладочного массива», устанавливаются оптимальные соотношения компонентов.

В соответствии с методикой в ходе экспериментальных исследований определялось соотношение компонентов бесцементных твердеющих смесей с различными заполнителями, а также влияние качества заполнителей на свойства твердеющих смесей.

По результатам исследований сформулировано следующее научное положение: *выбор рационального состава твердеющей смеси из отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий обеспечивает выполнение технологических требований горного производства и минимизирует затраты на закладку выработанного пространства шахт и сохранение природно-технического комплекса.*

Исследования при формировании бесцементной твердеющей закладки связаны с установлением взаимосвязей электрохимических свойств бесцементных твердеющих смесей от структурно-прочностных свойств закладочного массива.

Электродная пара и конфигурация электродов выбрана на основе исследований информативности электрохимических датчиков для конкретных пар и физического моделирования - распределения силовых линий в исследуемой среде.

Измерение электрических параметров с электрохимических преобразователей осуществлялась прибором ИИД конструкции ИУУ СО РАН (г. Кемерово). После размещения в трубе электрохимических преобразователей в нее через специальные окна заливается закладочная смесь и снимаются характеристики с помощью измерительной аппаратуры, включающей прибор для измерения электрохимических параметров закладочной смеси, коммутатор и соединительные провода.

Для получения зависимостей электрических параметров от структурно-прочностных свойств твердеющей закладки в широком диапазоне изменения прочности, при приготовлении смесей варьировали содержание заполнителя, вяжущего и воды.

В каждой серии по принятой методике изготавливались контрольные образцы, которые твердели в формах, покрытых влажной тканью. После разборки форм образцы маркировались и хранились в нормально-влажностных условиях. Испытания образцов закладки на прочность и измерение электрических параметров производили в различные сроки твердения на гидравлическом прессе. Для получения однозначной взаимосвязи электрических параметров смеси и структурно-прочностных свойств закладки, а также возможности воспроизводства полученных результатов, была проведена тарировка измерительного прибора, при которой на прибор подавалось напряжение от стандартного источника питания. Показания снимались измерительным прибором ИИД, шкала которого градуировалась в единицах прочности относительно силы разрядного тока, протекающего по электрохимическому преобразователю. Графики влияния времени твердения смесей для различных расходов вяжущего вещества на начальное значение величины силы разрядного тока, протекающего через электрохимическую ячейку, представлены на рисунке 3, максимумы которых показывают переход воды из свободного в связанное состояние.

Прочность закладки в течение времени растет по экспоненциальной зависимости, представленной на рисунке 4, где устойчивая взаимосвязь между прочностью и временем твердения наблюдается после $4 \div 8$ суток твердения.

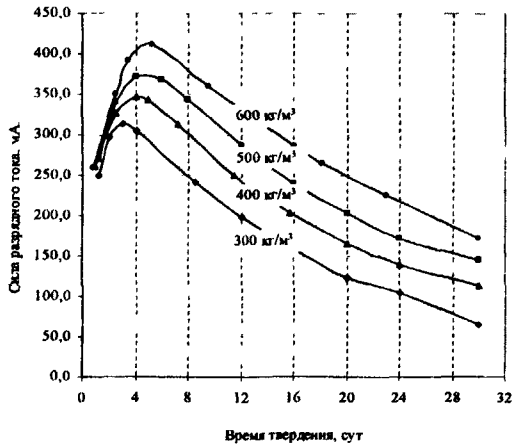


Рисунок 3 - Изменение величины силы разрядного тока в процессе твердения закладки при различных расходах золы

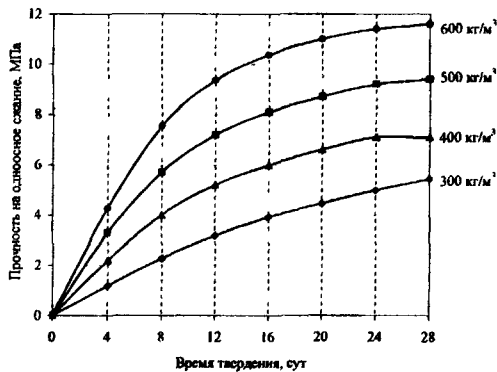


Рисунок 4 - Кинетика твердения закладки

На рисунке 5 представлены зависимости между прочностью твердеющей закладки и начальным значением величины силы разрядного тока при различных периодах твердения, которая установлена для состава, где в качестве заполнителя использовалась золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС, которые показывают, что величина силы разрядного тока параболически зависит от времени набора прочности твердеющей смеси.

В результате проведенных исследований установлена принципиальная возможность контроля структурно-прочностных свойств закладочного массива посредством измерения электрических параметров закладочной смеси в выработанном пространстве шахт.

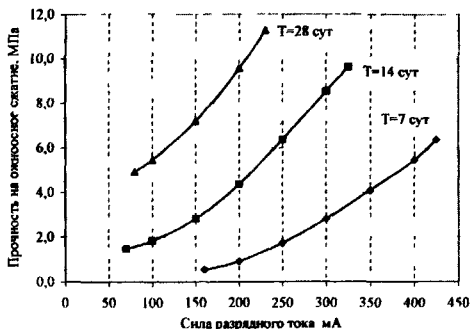


Рисунок 5 - График изменения прочности твердеющей закладки от начального значения величины силы разрядного тока при различных периодах твердения

По результатам исследований сформулировано следующее научное положение: *величина силы разрядного тока параболически зависит от времени набора прочности твердеющей смеси, что позволяет оценивать параметры качества закладочного массива и корректировать состав закладочной смеси в ходе производства работ.*

В четвертом разделе приведены и обобщены основные результаты промышленных экспериментальных исследований утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий для сохранения природно-технических комплексов угольных районов в условиях пластов I Внутренний и Горелый шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь», отличительной особенностью которой является тонкодисперсное дробление вязущих отходов и их дозировка в соответствии с физико-химическими свойствами и требованиями ведения горных работ.

Закладка производилась с помощью комплекса КУЗ-120, разработанного институтами Сибгипрошахт, КузНИУИ, ИГД им. А.А. Скочинского.

В выработанное пространство полос II и III горизонтальных слоев пласта I Внутренний за 35 подач было подано свыше 16 тыс. м³ бесцементной твердеющей закладки, в том числе: 14 940 м³ (91% от общего объема) смеси состава № 4, 1 150 м³ (7%) смеси состава № 2 и 240 м³ (1,5%) смеси № 1. Всего за период опытно-промышленной проверки бесцементной твердеющей закладки было произведено более 1 200 испытаний экспресс – методом, выбурено кернов и взято более 200 образцов неправильной формы, испытано более 400 образцов.

За период опытно-промышленных испытаний бесцементных твердеющих смесей при отработке пласта Горелого произведена выемка угля в монтажном слое и в выработанное пространство подано около 10 000 м³ твердеющих закладочных смесей № 1 и № 3. Было произведено 27 подач закладочной смеси. Максимальная производительность закладочного ком-

плекса составила 140 м³/час смеси. Было произведено более 700 испытаний экспресс – методом, испытано 350 кубиков, выбурено 250 кернов.

Основные результаты опытно-промышленных испытаний следующие:

- закладочный массив по истечении 7 суток набирает прочность, достаточную для обнажения его боковой стенки. Основную прочность массив набирает в первые 14 суток (не менее 4 МПа). При соблюдении рекомендуемого рецепта приготовления смеси, прочность образцов на одноосное сжатие в 28 дневном возрасте выше нормативной (более 4 МПа);

- прочность на разрыв при исследованиях адгезии между слоями закладочного массива составляет 87-135 кПа при сроке твердения закладочного массива 10-14 суток, что свидетельствует о хорошем качестве закладочного материала;

- величины смещения потолочины с пролетом 4÷6 м по сравнению с пролетом потолочины 9÷10 м ниже в 7÷10 раз, при этом максимальные смещения в первом случае не превышали 7÷8 мм. При пролете обнажения 9÷10 м максимальные смещения составили 31,2 мм. Интенсивность смещений при подходе линии забоя к контурной реперной станции незначительна, затем при переходе ее линией забоя на 2-5 м за период 4÷8 суток резко возрастает. В период с 8 до 15 суток (расстояние 5-7 м) интенсивность смещений падает, а в период с 15 до 62 суток стабилизируется;

- визуальными наблюдениями за полной заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой, расслоением закладочного массива, ее растекаемостью установлено, что смесь заполняет все пустоты, трещины и растекается по полосе на расстояние 100 м без видимого расслоения;

- прочностные свойства закладочного массива дополнительно определялись путем выдергивания закрепленных в нем арматурных стержней, через 14 суток усилия их выдергивания составили 45÷90 кН, что свидетельствует о хорошем качестве закладочного материала.

Экономическая оценка результатов исследований настоящей работы выполнена в соответствии с «Методикой определения предотвращенного экологического ущерба» (Москва, 1999 г.), согласно которой предотвращенный экологический ущерб (ПЭУ) определяется как результат реализации экологической программы, направленной на недопущение негативного воздействия на окружающую среду.

Размер годового предотвращенного экологического ущерба от реализации разработанного способа утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий для формирования бесцементного твердеющего закладочного массива составляет для условий шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь» 20,9÷29,2 млн. рублей (в зависимости от состава смеси), для условий пяти шахт УК «Прокопьевскуголь» и УК «Киселевскуголь», работающих в черте г.г. Прокопьевска и Киселевска, соответственно 115,1÷160,7 млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научной квалификационной работой, в которой дано решение задачи по утилизации отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и сохранению природно-технических комплексов угледобывающих регионов, имеющей существенное значение для геоэкологии.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Анализ объемов и физико-химических свойств отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий региона показал, что нефелиновый шлам, фторогипс, металлургический гранулированный шлак, шлаки промышленных и коммунальных котельных можно использовать как компоненты для приготовления бесцементных твердеющих смесей и последующей закладки выработанных пространств шахт.

2. Установленные нелинейные зависимости прочности закладки от состава компонентов и времени набора прочности при использовании графоаналитического метода позволяют производить подбор составов твердеющей закладки, исходя из наличия отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий и их физико-химических свойств.

3. Набор установленных составов твердеющих закладочных смесей позволяет минимизировать количество и стоимость вяжущих компонентов по технологическим требованиям горного производства.

4. Для закладки выработанного пространства шахты «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь» рекомендованы к использованию следующие составы: смесь № 1 (нефелиновый шлам АГК, шахтовые породы, фторогипс), смесь № 2 (вяжущее - нефелиновый шлам АГК, заполнитель - гранулированный шлак ЗСМК, ускоритель твердения - фторогипс), смесь № 3 (нефелиновый шлам АГК, золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС, фторогипс), смесь № 4 (нефелиновый шлам АГК, шлаки бытовых и промышленных котельных, фторогипс), которые при подаче в выработанное пространство заполняют все пустоты, трещины и растекаются по полосе на расстояние 100 м без видимого расслоения.

5. Утилизация отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, включающая тонкодисперсное дробление и дозировку вяжущих материалов, прошла апробацию на шахте «Коксовая» УК «Прокопьевскуголь», где подтвердила свою эффективность и дала следующие результаты:

- закладочный массив набирает прочность выше нормативной (не менее 4,0 МПа) в течение 14 суток;

- прочность на разрыв при исследованиях адгезии между слоями закладочного массива составляет 87-135 кПа при сроке твердения закладочного массива 10-14 суток;

- прочностные свойства закладочного массива дополнительно определялись путем выдергивания закрепленных в нем арматурных стержней, че-

рез 14 суток усилия их выдергивания составили 45+90 кН, что свидетельствует о хорошем качестве закладочного материала.

6 Методика контроля прочности закладочного массива базируется на параболических зависимостях прочности и времени ее набора от электрической проводимости литой твердеющей закладки, позволяет устанавливать скорость набора прочности и корректировать состав закладки в ходе ведения горных работ.

7 Размер годового предотвращенного экологического ущерба от реализации способа формирования бесцементного твердеющего закладочного массива составляет для условий шахты «Жокосовая» УК «Прокоповскуголь» 20,9–29,2 млн. рублей (в зависимости от состава смеси), для условий пяти шахт УК «Прокоповскуголь» и УК «Киселевскуголь», работающих в черте г. Прокоповска и Киселевска, соответственно 115,1+160,7 млн. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1 Горшков А.М. Использование отходов угольного производства в промышленности и строительстве // Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых Труды VII Международной конференции – Новокузнецк, СибГИУ, 2002. – С 25-28.

2 Сенкус, В.В. Основные источники вредного воздействия угольного производства на окружающую среду / В.В. Сенкус, А.М. Горшков // Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых Труды VII Международной конференции. – Новокузнецк, СибГИУ, 2002. – С.29-31.

3 Сенкус, В.В. Основные направления использования отходов горного производства в народном хозяйстве / В.В. Сенкус, А.М. Горшков // Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании: сб науч тр – М, 2003. – вып. №6 - С. 19-22.

4 Горшков, А.М. Организация породного хозяйства на угольных шахтах Кузбасса / А.М. Горшков, В.В. Сенкус // Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании. сб. науч. тр. – М, 2003. – вып. №6 - С 21-22.

5 Карпов, В.В. Основные источники воздействия угольного производства на окружающую среду / В.В. Карпов, А.М. Горшков // Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании: сб. науч тр. – М, 2003. – вып. №6 - С. 23-24.

6 Горшков А.М. Методические принципы исследований основных источников загрязнения окружающей среды // Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании. сб. науч. тр. – М, 2003. – вып. №6 - С. 17-19.

7 Сенкус, В.В. Экспериментальные исследования физико-механических характеристик бесцементных твердеющих смесей с различными заполнителями / В.В. Сенкус, А.М. Горшков // Научно-технические разработки МГУ и ОАО «Гуковуголь»: сборник – М.; МГУ, 2003. – С. 112-125

8 Белов, В П Опытнo-промышленные исследования закладочного массива в выработанном пространстве из бесцементных твердеющих смесей / В П Белов, А М Горшков // Научно-технические разработки МГТУ и ОАО «Гуковуголь». сборник – М, МГТУ, 2003 – С. 126-131

9 Логинов, А К Сырьевая база и свойства компонентов для производства бесцементных твердеющих смесей из отходов промышленных производств / А К. Логинов, А.М. Горшков // Горный информационно-аналитический бюллетень №12 – М; МГТУ, 2003 – С. 83-85

Горшков Андрей Михайлович

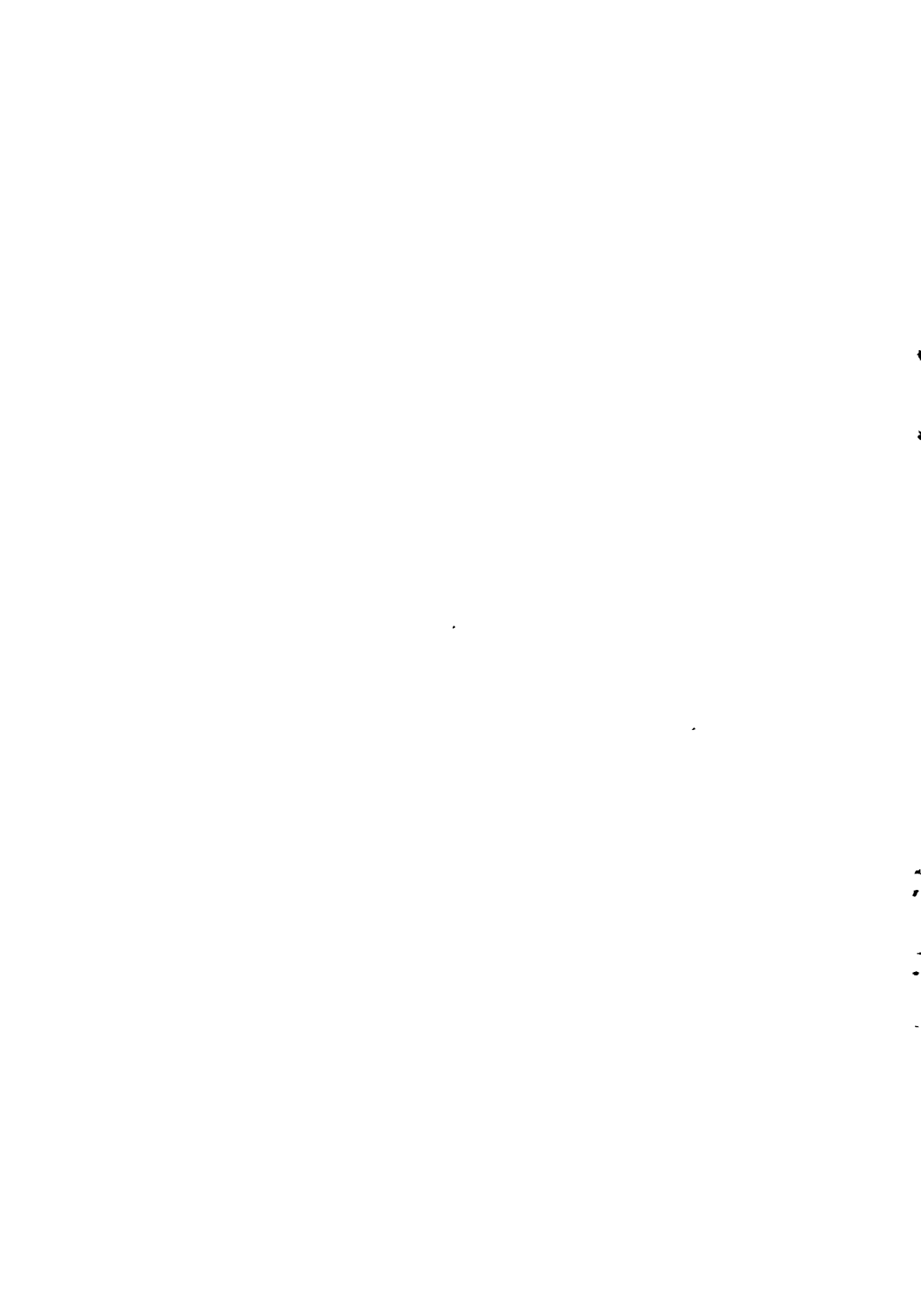
**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ
ТВЕРДЕЮЩЕГО ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА**

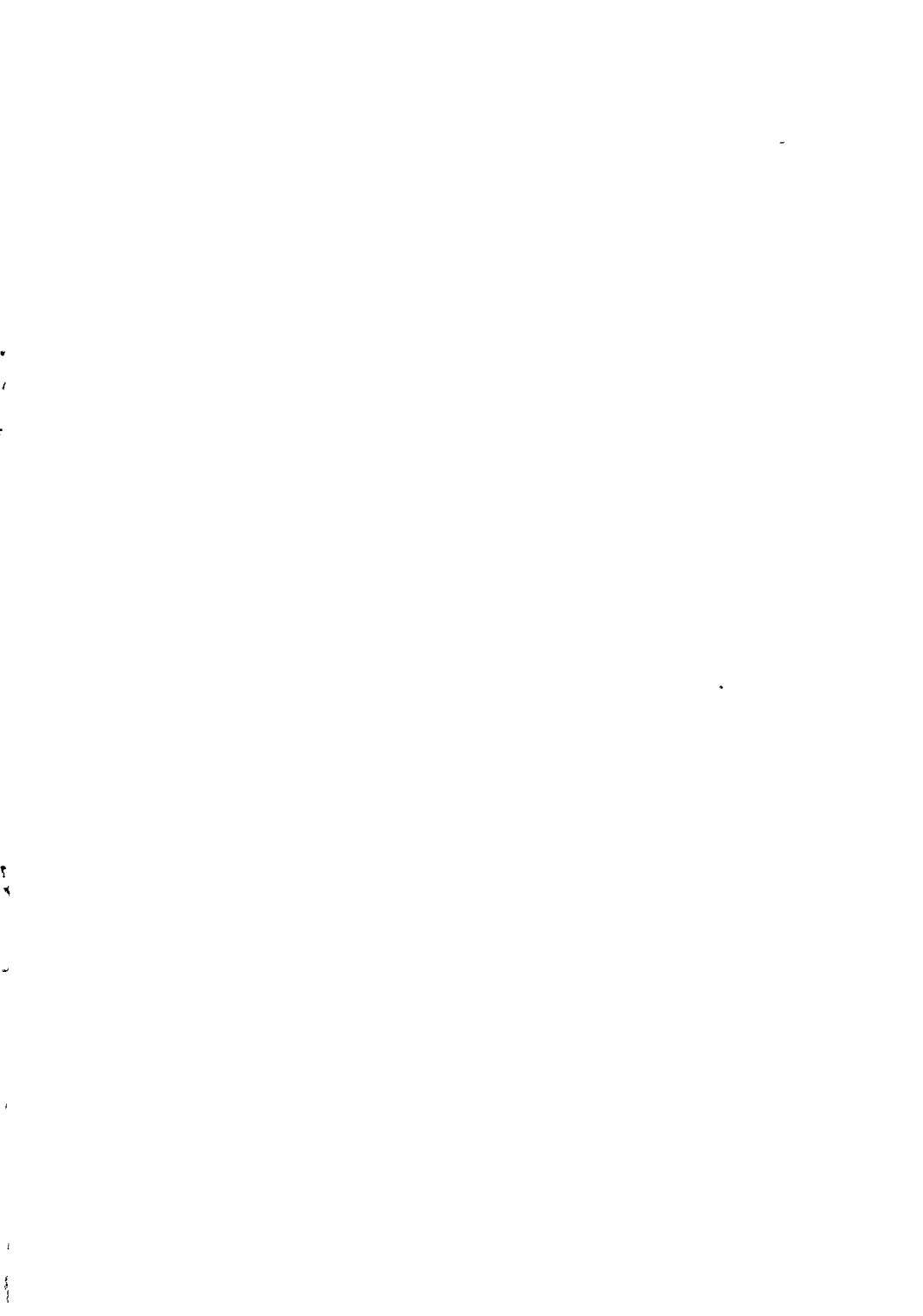
АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Подписано в печать 28.02.06. Формат бумаги 60 x 84 1/16.
Бумага писчая. Ризография.
Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1,24. Тираж 120 экз. Заказ 18**

**Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета
654041, г. Новокузнецк, ул. Кутузова, 56, тел. 71-46-96
РИО НФИ КемГУ**





2006A

5037

- 5037