АДМИНИСТРАЦИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА
КЕМЕРОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СО РАН
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА СО РАН

IX Международная научно-практическая конференция

“Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири”

СИБ РЕСУРС 2012

70 ЛЕТ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

1-2 ноября 2012 г.
г. Кемерово

ТОМ I

IX Международная научно-практическая конференция

ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ
СИБРЕСУРС 2012

Материалы конференции

Том 1

70-летию Кемеровской области посвящается

1-2 ноября 2012 г.
Кемерово

УДК 622.33:504.06+622.7+622.33.003

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, 1–2 ноября 2012 г. / редкол.: В.Ю. Блюменштейн (отв. редактор), В.А. Колмаков (зам. отв. редактора), КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 500 с.

IBSN 978-5-89070-764-2

В сборнике представлены материалы докладов по десяти направлениям Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири»: 1. Добыча угля: технологические и экологические проблемы; 2. Обогащение и переработка полезных ископаемых; 3. Горные машины и оборудование; 4. Подготовка инженерно-технических кадров для угольной промышленности: пути совершенствования; 5. Энергосбережение и ресурсосбережение; 6. Химия и химическая технология; 7. Современные пути развития машиностроения и автотранспорта Кузбасса; 8. Физические процессы горного и нефтегазового производства; 9. Рациональное природопользование. Оптимизация управления природопользованием; 10. Строительство.

Цель – привлечь внимание общественности и деловых кругов к решению означенных проблем.

Для работников угольной и перерабатывающей отраслей промышленности, ученых, преподавателей вузов и студентов горных вузов и факультетов.

ISBN 978-5-89070-764-2 УДК 622.33:504.06+622.7+622.33.003

© КузГТУ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 9

А.Р. БОГОМОЛОВ, Е.Ю. ТЕМНИКОВА

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В ЭНЕРГЕТИКЕ 9

С.М. НИКИТЕНКО, А.В. ГРЕБЕННИКОВ

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЯЖЁЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В КУЗБАССЕ 26

СЕКЦИЯ ДОБЫЧА УГЛЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ 30

С.П. БАХАЕВА, Т.В. МИХАЙЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ДАМБ 31

А.А. СЫСОЕВ, Я.О. ЛИТВИН, К.А. ГОЛУБИН

К ВОПРОСУ ОБ ОБОСНОВАНИИ РЕЗЕРВА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА РАЗРЕЗАХ 36

Ю.М. КАЙГОРОДОВ

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО- ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 39

Ю. И. ЛИТВИН

ОЦЕНКА ДИСБАЛАНСА ПОДАЧИ ГИДРОСМЕСИ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В МОМЕНТ ПОДРЕЗКИ УСТУПА ГИДРОМОНИТОРАМИ 41

В.В. МИХАЛЬЧЕНКО

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ИЗМЕНЧИВЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ СРЕДЫ 43

В.А. ПОРТОЛА, Н.Л. ГАЛСАНОВ, Н.Ю. ЛУГОВЦОВА

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ В ШАХТАХ 46

В.А. ПОРТОЛА, С.И. ПРОТАСОВ, Е.С. ТОРОСЯН

БОРЬБА С САМОВОЗГОРАНИЕМ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ 50

В.Г. ХАРИТОНОВ, А.В. РЕМЕЗОВ, С.В. НОВОСЕЛОВ, С.А. ПАНИХИДНИКОВ

ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ШАХТО-СИСТЕМАМИ 53

В.Г. ХАРИТОНОВ, А.В. РЕМЕЗОВ, С.В. НОВОСЕЛОВ, С.А. ПАНИХИДНИКОВ

ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ШАХТО-СИСТЕМ 56

А.Н. СОЛОВИЦКИЙ

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО РИСКА ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА 58

М.В. ЧЕРЕДНИЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЯ 61

С.В. ДУБИНИН, А.С. КАЗАКОВ, С.П. БАХАЕВА
ОБ ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ЗЕМЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ПРИ ОТСУТСТВИИ НАПОРНОГО ФРОНТА НА ДАМБУ НАКОПИТЕЛЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 63
Е.Н. ФЕДОТОВ
ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ МЕТАНА НА ШАХТЕ ЛЮЧЖУАН, КОМПАНИЯ «SDIC XINJI ENERGY COMPANY LIMITED», ПРОВИНЦИЯ АНЬХОЙ, КНР 66
В.А. КОЛМАКОВ
ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ (НПК) «СИБРЕСУРС» 69
СЕКЦИЯ ОБОГАЩЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 75
К.В. ГУЦАЛ, Е.Ю. ТЕМНИКОВА, А.Р. БОГОМОЛОВ
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭФИРОВ МАРКИ «ЛАПРОЛ» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ 76
Г. Л. ЕВМЕНОВА
К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ В УГЛЕОБОГАЩЕНИИ 79
Т.Е. ВАХОНИНА, М.С. КЛЕЙН
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ШЛАМОВЫХ ВОД УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК 82
М.И. ОЛЬХОВСКИЙ
ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА СТАНДАРТИЗОВАННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ 85
Ю.А.СЕНЧУРОВА
МОДЕЛЬ РАСПЫЛЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА 90
В.С. ФРОЛОВ, А.В. СИДОРОВ, Л.Н. МЕРКУШЕВА
ПРОБЛЕМЫ ПРАВИЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ 90
СЕКЦИЯ ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ 96
Т.К. БАЛГАБЕКОВ, Н.А. ДАНИЯРОВ, Г.С. СМАИЛОВА
К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В ГОРНОРУДНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 97
И.А. БАСАЛАЙ, Н.И. УРБАНОВИЧ
ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ ХРОМА 100
Т.К. БАЛГАБЕКОВ, А.З. АКАШЕВ, Г.С. СМАИЛОВА,
ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС КАЗАХСТАНА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 103
В.В. АКСЕНОВ, А.А. ХОРЕШОК, К.А. АНАНЬЕВ
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ МАШИН 106
Ю.А. АНТОНОВ, Г.Д. БУЯЛИЧ, И.Ю. КОРЧАГИН
МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА 110

Г.В. КАЗАЧЕНКО, Г.А. БАСАЛАЙ
НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ 115
А.Ю. ЗАХАРОВ, А.Ю. ВОРОНОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ 120
А.Ю. ЗАХАРОВ, Н.В. ЕРОФЕЕВА
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕГРЕГАЦИИ НАСЫПНОГО ГРУЗА НА ЛЕНТОЧНОМ КОНВЕЙЕРЕ 124
Л.Е. МАМЕТЬЕВ, А.А. ХОРЕШОК, А.Ю. БОРИСОВ, В.О. САВРАЕВА
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕВЕРСИВНЫХ КОРОНОК ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ 127
М. Ю. НАСОНОВ, А.Н. ПУТЯТИН
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 130
Д.В. СТЕНИН, Н.А. СТЕНИНА
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕС КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ 133
С.Ю. КРАСНОШТАНОВ, А.В. ЧЕМЕЗОВ, А.А. СЫРОМЯТНИКОВ
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОВОГО СТАНКА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН 137
И.А. ПАНАЧЕВ, А.А. ЧЕРЕЗОВ
МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МЕХЛОПАТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЗОРВАННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД 143
В.В.АКСЁНОВ, Р.В.ЧЕРНУХИН
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГЕОХОДА 146
Г.Д. БУЯЛИЧ, Ю.А. АНТОНОВ, К.Г. БУЯЛИЧ, М.В. КАЗАНЦЕВ, В.М. РИМОВА
О МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРЕПИ С КРОВЛЕЙ 149
Г.Д. БУЯЛИЧ, А.В. ВОРОБЬЕВ, А.В. АНУЧИН
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОСТОЕК НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ В СРЕДЕ SOLID WORKS SIMULATIONS 153
В.П. РЫНДИН
ВОЛНОВОЙ ФИЛЬТР 156
П.В. ЧЕПИКОВ
ВЛИЯНИЕ УГЛА НАМАГНИЧЕННОСТИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ НА ВЕЛИЧИНУ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ В СИСТЕМАХ ПОДВЕСА 159

СЕКЦИЯ ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ 163

Н. Э. БУФИНА

ПУТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КАДРОВ В УГОЛЬНУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КУЗБАССА В XXI ВЕКЕ 164

Н.А. ЖЕРНОВА, Е.Е. ЖЕРНОВ

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕННОСТЕЙ КАК УСЛОВИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ 169

Д.Н. ДОЛГАНОВ, И.Ю. ВЕРЧАГИНА, Ж.А. ДОЛГАНОВА, Л.И. ЗАКОННОВА, О.А. БЕЛОВА

О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА БАЗЕ ФИЛИАЛА КУЗГТУ В Г. БЕЛОВО 172

М.Ю. СКВОРЦОВА, А.А. РУКАВИШНИКОВА

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 177

Ю.М. ИГНАТОВ, А.Ю. ИГНАТОВА, С.А. КИЗИЛОВ

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЩЕЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В УГОЛЬНОМ РЕГИОНЕ 180

СЕКЦИЯ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО И НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА 184

М.П. БАРАНОВА

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ ТРАНСПОРТА ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ 185

А.С. БОГАТЫРЕВА, Е.А. САЛТЫМАКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛАСТАПО ДАННЫМ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЕРНОВ 187

А.С. ГУМЕННЫЙ, В.В. ДЫРДИН, Т.И. ЯНИНА

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРАЕВЫХ ЗОН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ СПЛОШНЫХ ФОТОУПРУГИХ ДАТЧИКОВ 191

М.В. ГУЦАЛ, С.В. МОРОЗОВА, А.Н. СОЛДАТОВА

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГРУНТОВ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. 195

В.В. ДЕМЬЯНОВ

МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД 198

В.В. ДЕМЬЯНОВ, В.В. ВЫСОЦКИЙ

МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНОГО МАССИВА 201

В.В. ДЕМЬЯНОВ, М.В. МАСЛОВ

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИНОЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ГЕОМОНИТОРИНГА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД 204

В.В. ДЕМЬЯНОВ, С.В. СИДЕЛЬЦЕВ
РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ 207
К.Л. ДУДКО, А.И. ШИКАНОВ
УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА ДЛЯ ТАШТАГОЛЬСКОГО РУДНИКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДЗЕМНОГО ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ 210
И.С. ЁЛКИН, Н.Н. КАЗЫЦЫН, Е.А. ЧЕРЕПАНОВА
ВЛИЯНИЕ ПАВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРАЕВОЙ ЧАСТИ УГОЛЬНОГО МАССИВА 214
В.В. ИВАНОВ, Д.С. ПАШИН
СВЯЗЬ ЧАСТОТЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ОБЩЕЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ В КУЗБАССЕ 217
В.Ю. КАЙДАЛОВ
ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ 220
В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН, И.С. БУХМИЛЛЕР
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ 225
В.В. ДЫРДИН, Т.Л. КИМ
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА СКОРОСТЬ ДИССОЦИАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ДАВЛЕНИИ ИХ РАЗЛОЖЕНИЯ 228
В.П. МАЗИКИН, А.Ф. ЕМАНОВ, Ю.В. КУЗНЕЦОВА
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 231
В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН, А.Е. МАЙОРОВ
ФИЛЬТРАЦИЯ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД 237
М.Г. МАРТИКЯН, Л.В.ЧЕКАНЦЕВА, Л.В.ШИШМИНА
МЕТОД ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕССЫ АГРЕГАЦИИ АСФАЛЬТЕНОВ 240
В.И. МУРКО, В.И. ФЕДЯЕВ, В.И. КАРПЕНОК, Д.А. ДЗЮБА, Г.Д. ВАХРУШЕВА, В.П. МАСТИХИНА
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА 243
Л.П. ПОНАСЕНКО, С.Л. ПОНАСЕНКО
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ ш. им. С.Д. ТИХОВА С ПОВЕРХНОСТИ 252
С.М. ПРОСТОВ, Е.А. САЛТЫМАКОВ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОРАДАРОГРАММ 254
С. М. ПРОСТОВ, Е. В. КЛИМОВ
ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ 257

Н.Ю. НИКУЛИН, С.М. ПРОСТОВ
КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВАНИЯ МАШИННОГО ЗДАНИЯ КЛЕТЬЕВОГО СТВОЛА 260
Е.Б. РОССТАЛЬНОЙ
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КОМПАНИИ «СТРОЙСЕРВИС» 263
Д.Ю. СИРОТА, Л.А. БЕЛИНА, В.В. ИВАНОВ
КИНЕТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ РАЗРУШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД 268
В.Г. СМИРНОВ, В.В. ДЫРДИН
ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МЕТАНА В УГОЛЬНОЙ МАТРИЦЕ 271
Ю.А.ФАДЕЕВ
ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН НА ГРАЖДАНСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ 275
В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНОГО ИНЖЕНЕРА-ФИЗИКА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ 278
Н.В. ЧЕРДАНЦЕВ
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ 281
С.В. ЧЕРДАНЦЕВ
КАЧКА ПОНТОНОВ В ЗУМПФАХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ 284
Т.М.ЧЕРНИКОВА
МЕТОД КОНТРОЛЯ РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 288
Т.М.ЧЕРНИКОВА, В.В. ИВАНОВ
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 290
А.С. ГУКИН, А.Г. НОВИНЬКОВ, П.А. САМУСЕВ
ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ МАССОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВАХ 292

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 662.65

А.Р. БОГОМОЛОВ, с.н.с, д-р техн. наук
(ИТ СО РАН, г. Новосибирск)
Е.Ю. ТЕМНИКОВА, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Совсем недавно, распоряжением от 18 июня 2012 г. № 512-р Коллегии Администрации Кемеровской области утверждена Программа развития углехимического кластера Кемеровской области на период 2012-2020 гг. [1]. Под кластером понимается группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга. Углехимический кластер включает группы взаимосвязанных компаний: специализированные поставщики – действующие предприятия угледобычи и первичного обогащения; поставщики оборудования и сервисные компании; образовательный комплекс, включая КузГТУ; научный комплекс; инновационно-внедренческая инфраструктура.

Программа развития кластера взаимоувязана со Стратегией социально-экономического развития Кемеровской области и планами территориального развития муниципальных образований. Составной частью специализации углехимического кластера Кемеровской области – производство продукции с использованием новейших технологий переработки отходов угольного производства.

Для Кемеровской области вследствие топливного ресурсного потенциала угледобывающая отрасль остается на долгосрочный период доминирующим сектором экономики. Для Кузбасса 192 млн. тонн добытого угля в 2011 году является значительным объемом угледобычи. Эта отрасль является и основой для решения задач социально-экономического развития региона. Основной задачей дальнейшего развития отрасли является грамотное и эффективное управление этим ресурсом.

Экстенсивное развитие отрасли по ряду объективных ограничений является затруднительным. Одной из таких причин является географическая удаленность области от основных рынков сбыта – более 5 тыс. км по железной дороге от дальневосточных портов и портов на

Балтике и в г. Мурманске. Вследствие этого высокие затраты на транспорт являются одним из основных факторов снижения конкурентоспособности угля в теплоэнергетике и экспорте. Кроме того, на внешнем рынке происходит увеличение поставок угля из Австралии и Индонезии. На внутреннем же рынке спрос на уголь снижается в силу высокой конкуренции с природным газом, так как газ пока еще остается дешевым и экологически чистым видом топлива. За последние годы происходит ухудшение условий разработки угольных месторождений – рост глубины разработки пластов подземным способом и в 1,5 раза возрос коэффициент вскрыши на разрезах. Наиболее важной причиной ограничения наращивания добычи угля до 200 млн тонн в год остается экологическая проблема. Необходимо выполнение комплекса защитных экологических мер.

В номенклатуре продукции углехимического кластера представлены такие направления, как электрическая и тепловая энергия, полученная с применением технологий: сжигания угля в циркуляционном кипящем слое; на сверхкритических параметрах пара; с использованием суспензионного водоугольного топлива (ВУТ); на распределенных объектах малой генерации. Другими видами продукции углехимического кластера являются продукты от переработки отходов: утилизации промстоков, осадков ГОС и угольных; брикеты из угольных шламов.

В данной работе будут рассмотрены инновационные технологии генерации тепла и электроэнергии при использовании отходов угольной отрасли, что находится в контексте номенклатуры продукции углехимического кластера. Ранее и в настоящее время отходы угледобычи и углеобогащения, к ним можно отнести угольные шламы с зольностью 45%, КЕК с зольностью в основном до 30% и практически не востребованный на рынке окисленный уголь до 35% зольности, складируются в отвал. Таким образом, наносится трудно поправимый экологический ущерб территории Кузбасса в первую очередь, и во вторую – добытый тяжелым и опасным трудом уголь вновь укладывается в землю.

Для проведения комплекса защитных экологических мер следует отметить следующее: необходимо использовать перечисленные отходы с высокой эффективностью, чтобы каждый процент углеродсодержащего топлива был использован для производства продукции, в частности, тепла и электроэнергии. Будущий год и последующие для Кузбасса должны стать временем изменения технологической платформы, созданием полигона для внедрения инновационных технологий переработки отходов с целью генерации энергии и выпуска продукции. Главной причиной отсутствия таких технологий сегодня – это большие затраты на доведение отходов до кондиционного состояния, необходимого заданной технологии, главным образом, имеющих высокую, до 40%, влажность. В связи с этим,

предлагается привлечь административный ресурс, либо свободную волю собственника, а именно, заинтересовать угольные компании не складировать отходы в отвал, не продавать отходы компаниям, занимающихся их переработкой, например, брикетированием, а производить плату в размере, равной затратам на утилизацию или складирование в отвал.

У угольных компаний должен быть лозунг или кредо, чем больше угля обогащается, тем меньше отходов складируется в отвал.

В рамках Международного Кузбасского угольного форума 21 сентября этого года в Кузбасской торгово-промышленной палате, прошла научно-практическая конференция «Инновационные технологии использования угля в энергетике», организованная совместно с Администрацией Кемеровской области, ОАО «Кузбасский технопарк» и Кузбасским государственным техническим университетом имени Т.Ф. Горбачева. Следует остановиться на некоторых, наиболее интересных и, пожалуй, перспективных технологиях генерации энергии.

А. Одна из рассматриваемых технологий направлена на использование механоактивированных углей микропомола для розжига и стабилизации горения пылеугольных котлов взамен газа или достаточно дорогого мазута [2, 3]. Другой путь в приближении конкурентоспособности угля к природному газу является повышение его качества на основе новых научных разработок и технологических решений, в том числе глубокой деминерализации топлива и повышения реакционной способности посредством активационного измельчения [4].

Проблема использования мазута вытекает из следующих соображений. Для хранения привозимого железнодорожным транспортом в цистернах мазута используют специальные хранилища, а мазутопроводы необходимо поддерживать в горячем состоянии. Для розжига пылеугольных котлов вместо мазута можно использовать уголь, который применяется в качестве основного топлива. Метод основан на получении механоактивированного угля микропомола с

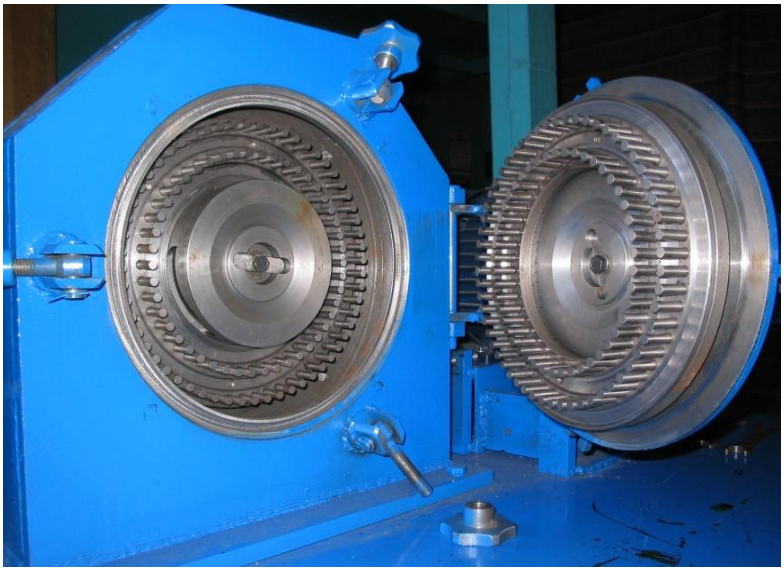


Рис. 1 – Мельница-дезинтегратор производительностью 150 кг/ч [3]

высокореакционными свойствами при помощи мельниц-дезинтеграторов и подачи его в часть горелок котла во время розжига. Применение угля микропомола позволяет получить экономию при отказе от мазута, сокращение вредных выбросов в атмосферу, автоматизацию процесса розжига и стабилизацию горения пылеугольных котлов.

Мельница-дезинтегратор – оборудование для физико-механической обработки, представляет собой помольно-смешивающий (дробильно-помольный) агрегат при вторичном измельчении твердых сыпучих материалов различного происхождения методом высокоскоростного свободного удара, изображенного на рисунке 1. Сущность механического активирования, как излагают авторы [4], состоит в создании некомпенсированных связей, радикалов, подвижных активных центров и определенной ориентации деструкционных молекул угольного вещества. Наряду с увеличением поверхностной энергии это вносит свой вклад в изменение энергии активации. Авторами [4] установлено, что в результате активационного измельчения энергия активации с 200 кДж/моль уменьшается до 60 кДж/моль. Снижение энергии активации повышает реакционную способность топлива.

При активационном измельчении значительно возрастает количество частиц и поверхность реагирования, интенсивность тепломассообмена, которая обратно пропорциональна размеру частиц. При горении в диффузионном режиме, характерном для факельного сжигания в пылеугольных топках, реализуется практически 3-х кратное ускорение процесса сжигания. Таким образом, пылеугольный факел по своим размерам, теплонапряженности и интенсивности выгорания приближается к газовому или мазутному. Технология разработана профессором Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН Анатолием Петровичем Бурдуковым.

Мировая энергетическая практика показывает, что достаточно успешно реализуются направления использования угля микропомола как замещение мазута в промышленных котлах, так и замена слоевого сжигания на факел с углем микропомола. Зарубежные данные из доступных источников выявили некоторые преимущества котла при работе на угле микропомола по сравнению со слоевым сжиганием угля: а) 15% снижение эксплуатационных расходов; б) за счет снижения избытка воздуха с 1,35 до 1,15 выше тепловая эффективность установки из-за уменьшения выбрасываемого с уходящими газами тепла; в) топки с цепной решеткой требуют использования определенного фракционного состава углей для уменьшения провала через решетку и уноса; г) при использовании угля микропомола в газомазутных котлах увеличивается на 20% его время непрерывной работы; д) снижение выбросов NO_x на 25% по сравнению со слоевым сжиганием. Испытания, проведенные на котле

мощностью 600 МВт, показали, что система работает удовлетворительно и срок окупаемости менее 4-х лет [4].

В настоящее время данная технология внедряется компанией Р.В.С. совместно с Институтом теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН на Беловской ГРЭС ОАО «Кузбассэнерго». На Беловской ГРЭС установлено шесть энергоблоков. Котел П-образной компоновки ПК-40-1 прямоточный, двухкорпусной, с жидким шлакоудалением предназначен для сжигания каменных углей Кузнецкого месторождения марок Г, Д и промпродукта их обогащения. На каждом корпусе котлоагрегата установлена индивидуальная система пылеприготовления с промежуточным бункером пыли.

Б. Другая проблема в угольной отрасли заключается в том, что в ней на разных этапах добычи и переработки углей образуются большие объемы сильно обводненных угольных шламов и кека, которые не могут быть востребованы при существующих методах сжигания углей. В процессе мокрого обогащения углей также образуются в больших объемах отходы, которые, как правило, выбрасываются в окружающее пространство, загрязняя его, при том, что эти отходы порой содержат более 50 % углерода. Эффективным выходом из создавшегося положения может оказаться перевод котлов на сжигание углей в виде водоугольного топлива (ВУТ), которое называют иногда «жидкий уголь» [5-8].

ВУТ представляет собой однородную суспензию из угля мелкого помола и воды в примерном соотношении 2:1, а также небольшого количества пластификатора, используемого для изменения определенных характеристик суспензии (текучести, стабильности и т.д.). Достоинств у этого вида топлива много: оно не взрывоопасно, его можно транспортировать по трубопроводам на дальние расстояния, при этом затраты на хранение невелики. Относительно дешевое как топливо, ВУТ может частично или полностью заменить дорогостоящий мазут. Но главное, что степень выгорания горючей массы «жидкого угля» достигает 95–99%, а это чуть ли не вдвое больше, чем при обычном сжигании сухого угля. При этом КПД котлов возрастает до 80–85% по сравнению с характерными, например, слоевыми котлами, 40–50%. Кроме того, при сжигании ВУТ значительно снижаются вредные выбросы оксидов азота, угарного газа и частиц летучей золы.

В форме исторической справки можно отметить следующее. Технология сжигания угля в виде водоугольного топлива теоретически известна давно. Исследования по проблемам производства ВУТ из различных углей, его хранения, транспортировки и сжигания ведутся, начиная с 60-х годов прошлого столетия. Параллельно с теоретическими разработками использования ВУТ в котлах велись его испытания на опытных производствах. Этим занимались как известные отечественные

научные школы (среди них – Институт горючих ископаемых, ВНИИПИ «Гидротрубопровод», Энергетический институт им. Кржижановского), так и научные коллективы в США, Канаде, Италии. И все же широкого тиражирования в мире технология ВУТ не получила. В последние годы о ней вновь заговорили. В 2007 г. в Конгрессе США прошли слушания по вопросу применения «жидкого угля» в качестве одного из базовых энергоносителей в национальной энергетической программе.

В СССР и России технологию ВУТ пытались внедрить на объектах большой энергетики. Так, ВУТ, произведенное из кузнецкого угля, транспортировали из г. Белово по трубопроводу длиной 262 км до Новосибирской ТЭЦ-5. Вопросами получения композитного жидкого топлива из низкореакционных углей, торфа и отходов нефтепереработки занимались сотрудники НГТУ и «Новосибирскэнерго», а на НПО «Гидротрубопровод» была разработана технология экологически чистого топлива «ЭКОВУТ». Однако, испытания технологии ВУТ в большой энергетике принесли негативный результат. Производство «жидкого угля» оказалось слишком сложным и затратным, и важно то, что фракционный состав и характеристики конечного продукта были нестабильны. Ресурс работы сопел форсунок не превышал 40 ч, а недожог топлива составлял более 15%.

Проведенные испытания обозначили основные задачи: первая – разработка эффективного метода измельчения угля для получения высокореакционной стабильной пластичной массы с минимальным содержанием воды; вторая – разработка эффективных конструкций топочных устройств и всего сопутствующего оборудования. В Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН и заводе стеновых блоков г. Новосибирска разработали и реализовали в опытно-промышленном варианте все основные компоненты технологии подготовки, хранения и сжигания ВУТ, пригодной для нужд малой энергетики.

Для помола угля используют шаровую барабанную мельницу, позволяющую получать 10 т водоугольной суспензии в час с дисперсностью частиц около 100 мкм. Затем суспензию направляют в роторный генератор пузырьковой кавитации. В процессе кавитации в жидкости образуются ударные волны, высокие давления и высокие температуры. Частицы угля эффективно разрушаются и измельчаются до 50–60 мкм. Таким образом, сначала уголь измельчают на шаровой мельнице и затем смешивают с водой. Благодаря добавлению специально подобранных пластификаторов, получают пластичное водоугольное топливо с концентрацией угля порядка 60-70%. ВУТ может сохранять свои свойства и не расслаиваться в течение месяца. Активируют топливо, пропуская его через роторный генератор уже непосредственно перед сжиганием.

Сотрудники Института теплофизики разработали принципиально новые топочные устройства с оригинальной формой камеры горения и размещением в ней пневматических топливных форсунок, что позволило организовать вихревой воздушно-капельный поток. В результате факел заполняет весь объем камеры, и температурное поле в топке становится однородным. Опыт сжигания в таких топочных устройствах разных топлив показал, что оптимальный диапазон температур горения ВУТ – 800–950°С. Именно в этом температурном интервале при сжигании образуется наименьшее количество загрязняющих веществ.

Важным этапом в проектировании технологии сжигания ВУТ является разработка форсунки для подачи топлива. ВУТ – высокоэрозионный продукт. Благодаря оригинальной конструкции форсунки взаимодействие газовой и топливной струй происходит за пределами самого устройства, и абразивного разрушения материала не происходит. На рисунке 2 показана разработанная для сжигания ВУТ форсунка.

Работа форсунок основана на использовании свойств пристенных и кумулятивных струй и эффекта Коанда. Благодаря особой конструкции, форсунки износоустойчивы и имеют длительный ресурс успешной работы (до 1000 ч), так как взаимодействие газовой и топливной струй происходит за пределами самого устройства.

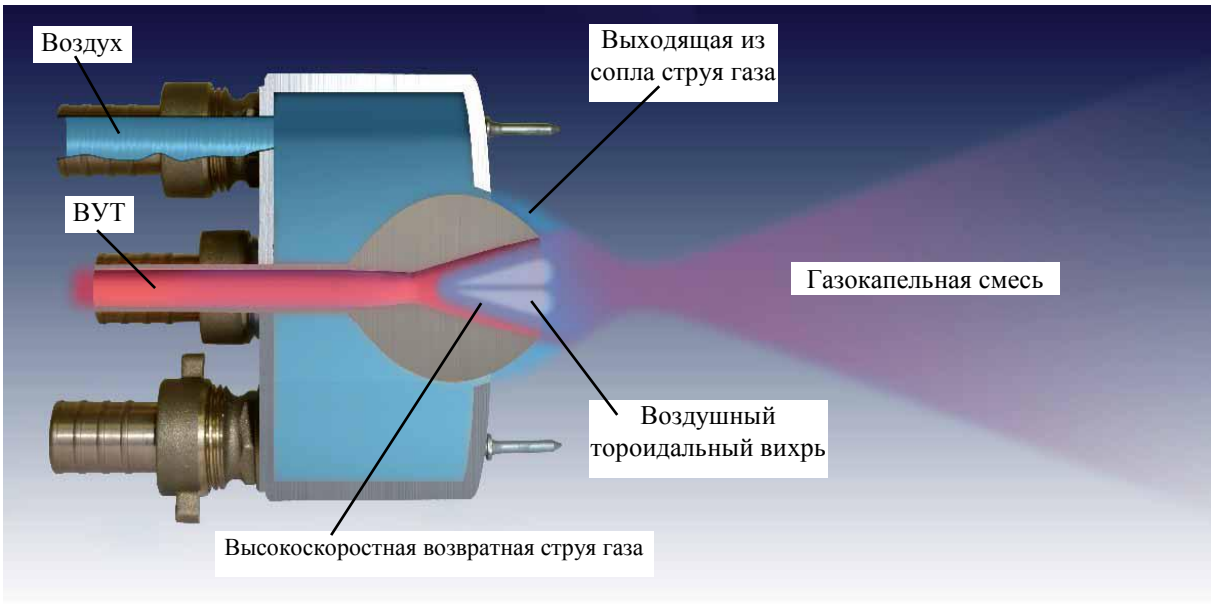


Рис. 2 – Принципиальная схема работы форсунки [7]

Технология сжигания угля в виде ВУТ по сравнению с традиционными способами сжигания угля имеет целый ряд преимуществ: а) это увеличение степени выгорания горючей массы до 95–99%; б) увеличение КПД котлов до 80–85%; снижение себестоимости единицы вырабатываемой тепловой энергии в 1,5–5 раз, в зависимости от

соотношения цен на уголь и другие энергоносители; в) возможность частичной или полной замены дорогостоящего мазута и других углеводородных топлив; г) возможность использования угольных шламов и отходов углеобогащения; д) взрывопожаробезопасность; е) возможность транспортировать ВУТ по трубопроводам, в том числе, на дальние расстояния; ж) уменьшение эксплуатационных затрат при хранении, транспортировании и сжигании ВУТ по сравнению с углем; з) частичное решение экологических проблем – снижение вредных выбросов (окислов азота, окиси углерода, частиц летучей золы).

При существующих обстоятельствах наиболее перспективной для применения водоугольных технологий является малая энергетика, так как здесь меньше капитальные затраты на реконструкцию котлов, невысокие сроки окупаемости.

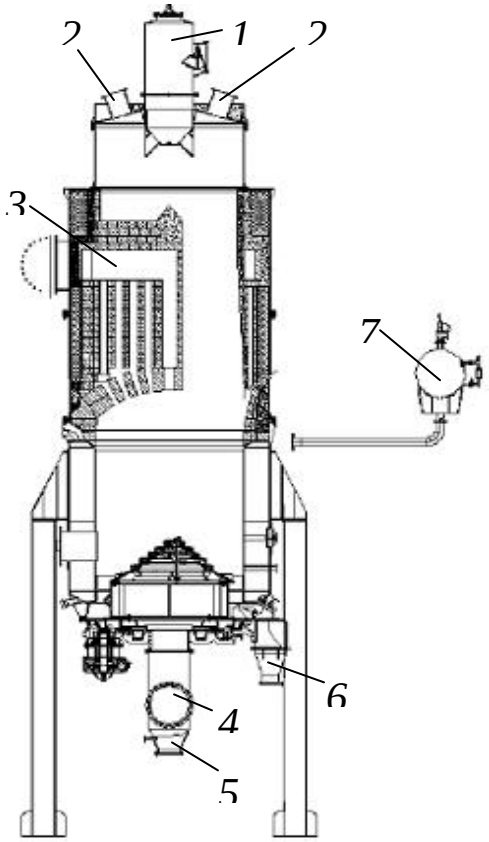


Рис. 3 – Схема газогенератора с двойным отбором газа:
1 – загрузка топлива; *2* – отвод верхнего (пиролизного) газа; *3* – отвод нижнего (генераторного) газа; *4, 5* – подвод пара и воздуха на дутье; *6* – выгрузка золы; *7* – паросборник

В. Не менее значимая и привлекающая к себе внимание является инновационная технология переработки угольных отходов для генерации тепловой и электрической энергии с использованием газогенераторов прямого процесса с двойной зоной горения (двойным отбором газа).

Внедрение газификационных технологий, основанных на использовании небольших и простых в эксплуатации газогенераторов и работающих на местных видах топлива или на отходах угледобычи, становится в настоящее время всё более актуальным. Так, например, выработка электрической и тепловой энергии для покрытия собственных нужд предприятия может быть целесообразной, по крайней мере, двум причинам: а) неуклонный рост цен в стране на углеводородное энергетическое топливо вызывает рост тарифов на электрическую и тепловую энергии; б) значительно отстающий от роста промышленности ввод новых энергетических мощностей [9]. На рисунке 3 показан газогенератор с двойным отбором газа.

Основной особенностью двухзонных реакторов (газогенераторов) является разделение реактора на зоны подготовки топлива (зона пиролиза) и газификации. Так как реактор полностью заполняется газифицируемым топливом, система уплотнений нижней части газогенератора должна обеспечивать соответствующее давление газов в нижней части реактора.

По мощности в зависимости от состава газифицируемого топлива газогенераторы с двойным отбором газа и диаметром реактора 3000 мм могут достигать 17-18 Гкал/ч (по суммарной теплоте сгорания вырабатываемого газа). При этом низшая теплота сгорания генераторного газа, которая, прежде всего, зависит от состава газифицируемого топлива, в целом, составляет от 1300 ккал/м^3 до 1700 ккал/м^3.

При сравнении двух типов газогенераторов прямого процесса, классического с верхним отбором газа и с двойным отбором с одинаковым 3-х метровым реактором можно отметить, что:

- производительность газогенератора с двойным отбором по газу выше примерно на 40–43% (11400 против 7000 нм^3/ч);
- теплота сгорания газа выше на 30–35% (до 1700 против 1250 ккал/нм^3);
- тепловая мощность по газу выше примерно в 2 раза.

Основными отличиями газогенератора с двойным отбором газа, влияющими на его производительность являются:

- разделение газогенератора на зоны подготовки топлива и его газификации с двумя отборами газа – газификации подвергается топливо постоянной влажности;
- повышенное давление газификации за счет сухого золоудаления и отказа от чаши гидрозатвора – возможность ведения процесса при повышенном давлении и при более высоком слое топлива;
- использование теплоизоляционного и огнеупорного материала для внутренних газоходов и как следствие возможность ведения процесса при максимально высоких температурах, которые могут позволить плавкостные и шлакующиеся характеристики газифицируемого топлива;
- возможность утилизации генераторной смолы и фусов в газогенераторе.

Выбору топлива для газификации всегда уделялось немаловажное значение. В реактор подается топливо уже усредненного состава по влажности и содержанию летучих веществ. Работа газогенератора в этих условиях становится более стабильной.

При газификации топлив с малым содержанием летучих, на первый план выходит вопрос температуры уходящего генераторного газа. В конструкции газогенераторов приходится применять жаропрочные стали или предусматривать их термозащиту. Велики потери физического тепла газа. В

газогенераторе данного типа горячий генераторый газ движется вверх по вертикальным каналам из огнеупорного материала, охлаждаемым подающимся сырым углем. Таким образом, физическое тепло генераторного газа используется для сушки топлива и возгонки летучих веществ.

Следующим фактором, определяющим повышенную производительность газогенератора с двойным отбором газа, является повышенное давление газификации, определяемое большим расходом воздушного дутья относительно равномерно распределенной по сечению колосниковой решетки. Так как, сопротивление слоя топлива растет пропорционально квадрату скорости газовой смеси в нём, то эта величина определялась сопротивлением гидрозатвора, применяемого на классических газогенераторах прямого процесса, который и являлся лимитирующим фактором в производительности агрегата. Кроме того, на сопротивления слоя топлива оказывает влияние его фракционный состав. В этом смысле использование брикетов с заранее заданными геометрическими размерами позволяет прогнозировано уменьшить сопротивление слоя.

Кроме того, при высоте гидрозатвора более 500 мм применяют ковшовые элеваторы, что усложняет установку и увеличивает трудозатраты. Отказ от гидрозатворов и переход на систему сухих уплотнений позволяет не ограничивать давление под колосниковой решеткой. При этом усложняется система подачи топлива в газогенератор и вывод шлака – применяется шлюзование. Высокий слой топлива генерирует газ более высокой теплотворной способности.

Авторами [9] был произведен расчет эксплуатационных характеристик ТЭЦ установленной электрической мощностью $N_{эл}$=16 МВт и суммарной тепловой мощностью $N_{тепл}$=50 Гкал/ч, работающей на брикетах. Брикеты имеют низшую теплоту сгорания до 4200 ккал/кг и состоят из 2-х частей окисленного угля и 1-ой части смеси кека и шлама. Влажность брикета 14–18%, а зольность на уровне 20%.

Если принять, что целью строительства ТЭЦ в равной степени является выработка электричества и тепловой энергии, то удельная инвестиционная стоимость одного установленного кВт составит примерно – 520 долларов США и одной установленной Гкал – 170 тыс. долларов США (или 0,117 долларов за 1 установленную ккал тепловой энергии).

Низкая себестоимость вырабатываемой электроэнергии, составляющая 0,84 рубля за 1 кВт·ч и тепловой энергии – 223,5 руб. за 1 Гкал, позволяет окупить затраты на реализацию строительства когенерационной электростанции менее, чем за три года. Следует отметить, что низкая себестоимость производимой энергии в первую очередь определяется тем, что в качестве топлива используются отходы угледобычи.

Следует отметить, что в данном расчёте было принято значение КПД

газификации равным 85%, что в какой-то мере должно соответствовать реальному значению КПД газификации. Расчеты показывают, что при максимальной утилизации физического тепла нижнего газа, с возвратом большей части тепла в реактор с дутьем (с горячим воздухом и перегретым паром) и сжигании верхнего газа в топке котла, КПД газификации должно составить примерно 90%.

Г. Одним из перспективных направлений использования высокозольных углей, шламов, кека и биомассы является низкотемпературная вихревая (НТВ) технология. Эта технология, сохраняя принципы традиционного пылеугольного сжигания, за счет более эффективной аэродинамики топочного процесса позволяет снизить шлакование топочных и конвективных поверхностей нагрева энергетических паровых котлов. Многолетний опыт промышленной проверки НТВ технологии сжигания ряда топлив позволил выявить преимущества указанной технологии по сравнению с традиционными пылеугольными топками [10].

Сотрудниками Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ) по программе «Энергосбережение СО РАН» была разработана и изготовлена новая конструкция гравитационно-рециркуляционной вихревой топки (ГРВТ) [11, 12], впоследствии получившая название высокотемпературного циклонного реактора (ВЦР), предназначенного для работы на высокозольном твердом топливе. Установка для исследования горения измельченного твердого топлива в полупромышленном аппарате ВЦР смонтирована на заводе полукоксования г. Ленинск-Кузнецкий. Схема ВЦР и гидродинамические траектории частиц топлива показаны на рисунке 4.

ВЦР представляет собой вертикальный цилиндрический четырехступенчатый аппарат с тангенциальным вводом топливно-воздушной смеси в первую (нижнюю) ступень аппарата через прямоугольные сопла кольцевого канала перемешивания топлива и окислителя. В первой ступени установлены две горелки для разогрева ВЦР в начальном процессе розжига. Третья ступень снабжена тангенциальными регулируемыми прямоугольными каналами подвода вторичного воздуха. Верхняя четвертая ступень аппарата предусмотрена для улавливания мелких частиц золы и транспортирования в бункер.

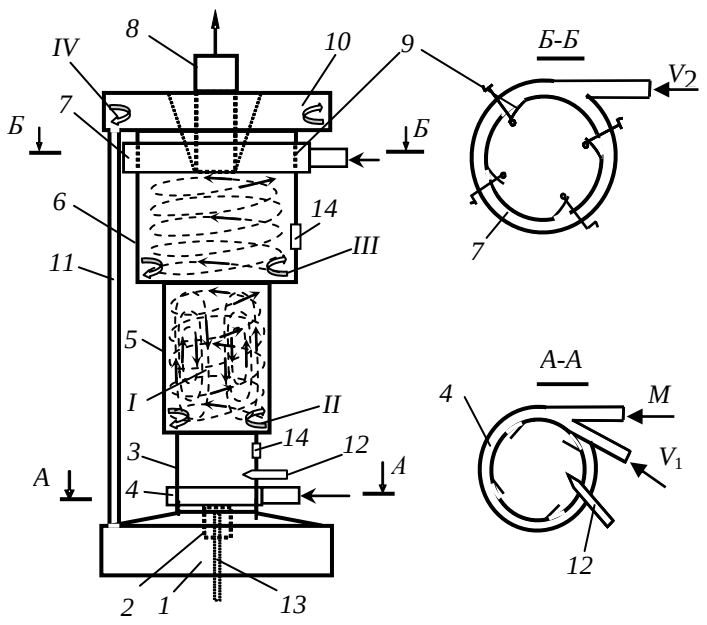


Рис. 4 – Схема ВЦР и траектории частиц топлива в потоке воздуха: *I* – центральная область рециркуляции топлива, *II, III,* – тороидальные зоны движения топлива на полках ступеней, *IV* – тороидальная зона движения мелких частиц золы. *1* – бункер для шлака и золы, *2* – труба для отвода шлака, *3* – первая ступень, *4* – канал подвода первичного воздуха и топлива, *5* – вторая ступень, *6* – третья ступень, *7* – канал подвода вторичного воздуха, *8* – выхлопная труба, *9* – заслонки, *10* – четвертая ступень, *11* – каналы отвода золы, *12, 13* – газовые горелки, *14* – смотровые окна.

При эффективном режиме горения первая ступень работает как газификатор. Под действием центробежных сил происходит сепарация частиц топлива по размерам и массе, что является преимуществом по сравнению с топками с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС). В реальных условиях измельченное топливо обладает широким фракционным составом и условия горения каждой фракции различны. Это усложняет регулирование процесса горения в отличие от ВЦР. На полках второй ступени происходит горение относительно крупной фракции топлива. Длительное время пребывания и отличное перемешивание топлива и окислителя достигается путем организации в реакторе ряда зон рециркуляции топлива в потоке воздуха, основная из которых – центральная образуется в центре второй и третьей ступеней. Продукты сгорания, содержащие мелкие частицы топлива и золы, поступают в верхнюю (четвертую) ступень. Эта ступень кроме камеры догорания выполняет также функции пылеуловителя, в которой остатки топлива сгорают, а зола удаляется в бункер. Продукты сгорания выходят через выхлопную трубу. Тангенциальный подвод вторичного подогретого воздуха в третью ступень реактора исключает образование бедных кислородом областей в верхней ступени реактора и позволяет получить устойчивые области рециркуляции для улучшения стабилизации пламени.

НТВ технология сжигания твердого топлива предполагает низкие температуры горения в объеме аппарата, чтобы избежать повышенного образования окислов азота в дымовых газах. Оптимальная температура (наименьшая для полного сгорания топлива) в объеме третьей ступени циклонного реактора, предлагаемого КузГТУ, при низкотемпературном режиме работы ВЦР поддерживается на уровне 900°С при избытке воздуха α = 1,5–2,1.

В работе [12] представлены опыты по сжиганию измельченного высокозольного угля марки ДГОК (A^p =35%) при подаче только первичного воздуха (в первую ступень) и при подаче дополнительного, вторичного воздуха в третью ступень реактора. Основные режимные параметры экспериментов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Температура первичного воздуха, °С	Температура вторичного воздуха °С	Температура дымовых газов °С	Расход топлива кг/ч	Расход первичного воздуха м^3/ч	Расход вторичного воздуха м^3/ч	η	Избыток воздуха α
219	–	575	18,5	395	0	0,72	1,5
220	205	560	18,5	266	190	0,83	2,1

С подачей вторичного воздуха при некотором снижении температуры в области третьей ступени, интенсивность горения в реакторе увеличилась, и коэффициент полноты сгорания в ВЦР составил 0,83. Вместе с тем увеличился унос золы с дымовыми газами.

Измерения состава дымовых газов газоанализатором «Автотест» для характерных режимов показали содержание CO ≃ 0,01%, CO_2 = 9–10% и O_2 = 5–6%.

Для установления причины малоэффективной работы реактора была проведена серия аэродинамических опытов, в которых с помощью видеосъемки изучалось движение потоков угольной крошки без горения. Для этого была изготовлена верхняя крышка из прозрачного органического стекла. Было сделано необходимое освещение внутреннего объема аппарата, не изменяющее аэродинамику движения угольных частиц, и произведена видеосъемка. Характерный фотоснимок аэродинамики показан на рисунке 5.

Наблюдения показали, что начальная закрутка (S = 3,4) и скорость воздушно угольной смеси недостаточна для подъема крупных угольных частиц, поэтому часть их падает сразу в бункер золы. Кроме того, при подаче только первичного воздуха (в составе воздушно-угольной смеси) часть крупных частиц топлива оседает на полках второй и третьей ступени. При подаче вторичного воздуха в соотношении V_1/V_2 = 0,4–0,5 все

топливо циркулирует в области второй и третьей ступени и не осаждается на полках.

Рис. 5 – Фотография движения угольной крошки на «холодной» модели

Была произведена реконструкция первой ступени ВЦР с целью увеличения параметра закрутки (S = 7,6) и входной скорости смеси в два раза. Это позволило предотвратить падение несгоревших крупных частиц топлива в бункер на входе в аппарат, что подтвердили визуальные опыты.

Необходимо отметить, что в настоящее время проводятся испытания нового аппарата – высокотемпературного циклонного реактора. Опыты по сжиганию высокозольных топлив и возобновляемых источников энергии (биомассы) будут продолжаться и возможно дальнейшее изменение конструкции аппарата ВЦР. Проводится разработка математической модели ВЦР с целью оптимизации процессов сжигания высокозольного топлива и биомассы и улучшения конструкции аппарата.

Д. Ранее было отмечено, что отходы угледобычи и углеобогащения, особенно высокой зольности, до 50%, которые до настоящего времени, чаще всего, не подвергаются переработке и утилизации, а направляются и складируются в отвал, можно перерабатывать методом газификации. Данный метод применим для любых органических материалов независимо от их физико-химических свойств.

Сотрудники КузГТУ занимаются исследованием закономерностей процесса переработки отходов древесины, угледобычи и углеобогащения в среде перегретого водяного пара с получением высококалорийного газообразного топлива и синтез-газа. Эти исследования направлены на реализацию приоритетного направления развития Российской Федерации в области энергосбережения и энергоэффективности.

Результаты проведенных исследований и выполненное технико-экономическое обоснование рентабельности процесса предоставляют возможные перспективы разработки технологии переработки отходов древесины, угледобычи и углеобогащения в среде перегретого водяного пара с получением высококалорийного газообразного топлива и синтез-газа.

Для исследования процесса газификации был создан экспериментальный стенд, схема которого представлена на рисунке 6.

Характеристика обрабатываемого материала дана в таблице 2.

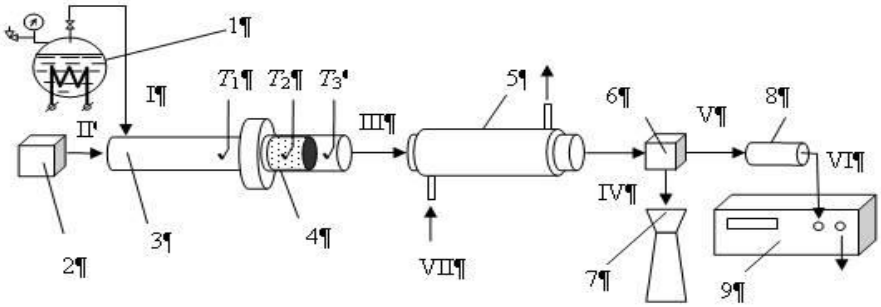


Рис. 6 – Схема экспериментального стенда
I – вход низкотемпературного пара; II – вход высокотемпературного пара; III – выход паро-газовой смеси; IV – выход конденсата; V – выход влажного газа; VI – выход сухого газа; VII – охлаждающая вода
1 – парогенератор; 2 – генератор горючей смеси; 3 - зона смешения рабочего участка;
4 – реакционная зона рабочего участка; 5 – конденсатор; 6 – емкость разделения;
7 – емкость сбора конденсата; 8 – емкость осушения газа; 9 – газоанализатор
T_1, T_2, T_3 – соответственно измерение температуры перед реакционной зоной, в реакционной зоне и после нее

Таблица 2

Образец	Элементный состав, %			Влагосодержание W^a, %	Выход летучих веществ V^d, %	Зольность A, %
	N	C	H			
Шлам ЦОФ «Березовская»	-	83,8	4,84	1,92	30,61	46

Газификация образцов осуществлялась в среде перегретого (до 1200°С) водяного пара без доступа кислорода при давлении, незначительно превышающем атмосферное. Перегретый водяной пар получали смешиванием низкопотенциального пара, получаемого в парогенераторе, и высокотемпературного пара, получаемого в результате горения водородно- кислородной смеси. Расходные характеристики по низкопотенциальному пару и горючей смеси составляли соответственно 5…9 л/мин (T≈120°С) и 2…5 л/мин. Размер частиц 3–4 мм; масса засыпки составляла около 3,5 г.

Характерный график состава основных продуктов газификации для шлама ЦОФ «Березовская» представлен на рисунке 7. Температура процесса газификации, как видно из графика 850°С. Концентрация водорода со временем уменьшается, а оксида углерода увеличивается. Калорийность газа в среднем составляет около 11 МДж/м^3. В составе газа отсутствует азот, что говорит о возможности его использования в качестве сырья для производства метанола.

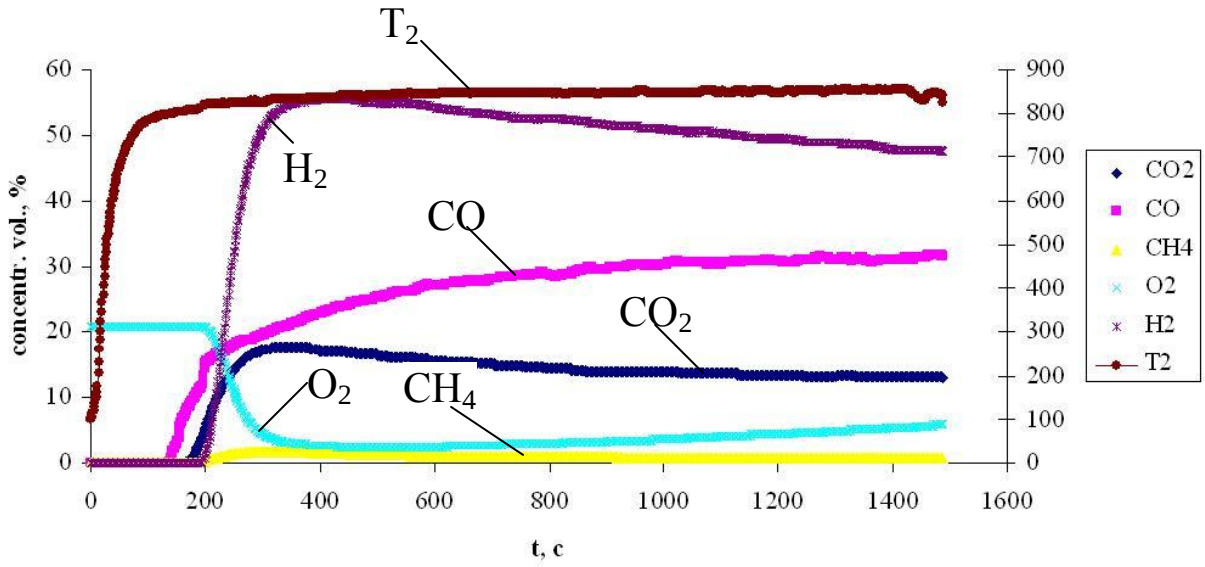


Рис. 7 – Зависимость выхода основных продуктов газификации от времени для шлама ЦОФ «Березовская», температура в слое материала T_2=850˚С

По результатам оценки разрабатываемых и прошедших промышленные испытания технологий переработки угля и угольных отходов, можно сделать следующее заключение.

Предлагаемые технологии направлены: во-первых и в главном, на использование отходов угледобычи и углеобогащения, во-вторых, на получение не только тепловой и электрической энергии в паротурбинных установках, как в случае сжигания механоактивированного угля микропомола в пылеугольных котлах большой энергетики взамен мазута и котлах малой энергетики как основного топлива, а также сжигания водоугольного топлива в оригинальных топочных устройствах и сжигания отходов мелкодисперсного топлива в ВЦР, но и на получение генераторного газа из нижней зоны газификатора с возможностью его использования для выработки электрической энергии в газотурбинных установках или в газопоршневых электрических станциях и для производства синтетического жидкого топлива или метанола. Развивающееся направление по исследованию паровой газификации углеродсодержащих материалов с получением топливного газа для

газовых котлов или синтез-газа для производства метанола или СЖТ позволит выявить закономерности влияния определяющих параметров и состава исходного сырья на качественный выход газообразного продукта, спроектировать газогенераторную установку и разработать технологический регламент процесса непрерывного производства паровой газификации.

Использование отходов угледобычи и углеобогащения, эффективная зольность которых чаще всего составляет не выше 30%, для выработки тепла и электроэнергии снижает экологическую напряженность региона путем уменьшения количества отходов в виде зольного и шлакового остатка, а также приводит к снижению издержек производства.

Список литературы

1. Электронный бюллетень Коллегии Администрации Кемеровской области. – www.zakon.kemobl.ru.

2. Бурдуков, А. П. Можно ли отказаться от использования мазута для розжига пылеугольных котлов? / А. П. Бурдуков, В. Н. Елин // Уголь. –2011, № 11. – с. 40.

3. Котов, Ю. И. Снижение мазутной составляющей в топливном балансе Беловской ГРЭС ОАО «Кузбассэнерго» на котлах ПК-40 / Ю. И. Котов, А. П. Бурдуков, В. Н. Елин // Энергетик. – 2011, № 11. – с.53.

4. Бурдуков, А. П. Использование механоактивированных углей микропомола в энергетике / А. П. Бурдуков, В. И. Попов, В. А. Фалеев, Т. С. Юсупов // Ползуновский вестник. – 2010, № 1. – с. 93-98.

5. Мальцев, Л. И. Прикладные аспекты технологии приготовления и сжигания водоугольного топлива / Л. И. Мальцев, И. В. Кравченко, А. И. Кравченко, В. Е. Самборский // Современная наука. – 2011, № 1(6). – С. 25–30.

6. Алексеенко, С. В. Топочное устройство для сжигания водоугольного топлива / С. В. Алексеенко, Л. И. Мальцев, И. В. Кравченко, В. Е. Самборский / Новости теплоснабжения. – 2010, № 7 (119). –- С. 22-24.

7. Мальцев, Л. И. На гребне угольной волны / Л. И. Мальцев // Наука из первых рук. – 2009, Т. 29, № 5. – С. 32-36.

8. Алексеенко, С. В. Технология сжигания угля в виде водоугольной суспензии / С. В. Алексеенко, И. В. Кравченко, Л. И. Мальцев // XIV Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии использования угля в энергетике», 18-21 сент. 2012 г., Кемерово. – Кемерово: 2012 (отправлена в печать).

9. Загрутдинов, Р. Ш. Технологии газификации в плотном слое / Р. Ш. Загрутдинов, А. Н. Нагорнов, А. Ф. Рыжков, П. К. Сеначин. – Барнаул: «Алтайский дом печати», 2009. – 296 с.

10. Пугач, Л.И., Серант Ф.А., Серант Д.Ф. Нетрадиционная энергетика – возобновляемые источники, использование биомассы, термическая подготовка, экологическая безопасность: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. 347 с.

11. Афанасьев, Ю. О. Разработка конструкции гравитационно-рециркуляционной вихревой топки / Ю. О. Афанасьев, П. Т. Петрик, Г. С. Козлова, В. Н. Кочетков // Вестник КузГТУ. – 2006, № 6.2. – С. 120-122.

12. Афанасьев, Ю. О. Испытание циклонного реактора для сжигания высокозольного топлива / Ю.О. Афанасьев, А.Р. Богомолов, Г.С. Козлова, В.С. Медяник // Теплоэнергетика. – 2011, № 12. – с. 47-52.

УДК 334.021.1

С.М. НИКИТЕНКО, доцент, к.э.н.
(НО «АМК», г. Кемерово)
А.В. ГРЕБЕННИКОВ
(НО «АМК», г. Кемерово)

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЯЖЁЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В КУЗБАССЕ

Функционирование сырьевых отраслей в значительной мере зависит от машин и оборудования, производимого предприятиями тяжелого машиностроения. Это горно-шахтное и горнорудное оборудование, а также все виды транспорта (автомобильный, железнодорожный, конвейерный), электротехника и подъемно-транспортные механизмы. Затраты на приобретение, обслуживание и эксплуатацию тяжелого оборудования занимают около трети всех затрат сырьевых отраслей. Таким образом, тяжелое машиностроение в большой степени определяет эффективность базовых отраслей народного хозяйства.

В структуре экспорта Российской Федерации продукция перечисленных отраслей занимает 81%. Иными словами, сырьевые отрасли играют ведущую роль в российской экономике, формируют ровно 50% от общего объема доходной части Федерального бюджета[1] и на горизонте до 2020 года указанные соотношения не могут кардинально измениться.

Базовой отраслью экономики Кемеровской области является угледобыча. Ежегодно на территорию Кузбасса ввозится оборудования зарубежных производителей на сумму более 77 млрд. рублей Объем поставок горно-шахтного оборудования (ГШО) от регионального тяжелого машиностроения ежегодно не превышает 8-10 млрд. рублей. При этом возможности отечественных производителей ГШО по разным оценкам варьируются совокупно в объеме от 15 до 18 млрд. рублей[2]

Машиностроение является бюджетно и социально значимой отраслью в экономике Кузбасса по численности занятых, объемам производства и объемам инвестиций в основной капитал. Доля отрасли в общем объеме промышленного производства Кемеровской области за 2011 год составила 12% . В отрасли занято 9,5% (36 тысяч человек на 01.01.2011г.) от общей численности работающих в промышленности области. Налоги, перечисленные в региональный бюджет за 2010 год, составили 1,7 млрд.

[1] Федеральный закон от 02.10.2012 № 151-ФЗ «Об исполнении федерального бюджета за 2011 год»

[2] Доклад на комиссии РСПП по машиностроению 26.08.2012 г. Кемерово: http://рспп.рф/cc/news/26/2086

рублей. По количеству патентов и изобретений (до 7 единиц на каждую тысячу работающих) отрасль машиностроения составляет основной технический и научный потенциал Кемеровской области. Объем инвестиций в основной капитал за 2010- 2011 г.г. составил около 1 млрд. рублей ежегодно.[3]

Таким образом, машиностроение Кемеровской области обладает следующими ключевыми факторами конкурентоспособности: уровень технологических инноваций, темпы их обновления; высокая квалификация персонала; доступ к ресурсам, близость к поставщикам сырья и комплектующих; более низкие издержки производства (цены на готовую продукцию) при удовлетворительном уровне качества по сравнению с конкурентами (соответственно меньшие затраты для потребителя; например, затраты на 1 тонну добываемого угля - для шахтных комбайнов); географическая близость потенциальных потребителей – отрасль обеспечивает своей продукцией предприятия региона; конкурентоспособные цены для потребителя за счет экономии на транспортных расходах, благодаря расположению в одном регионе с производителем продукции.

Около 90% продукции регионального машиностроения реализуется в пределах области. Машиностроение по отношению к другим отраслям Кузбасса выступает в качестве «технологического локомотива», обеспечивающего современную техническую базу предприятий области. Данный статут подразумевает опережающее инновационное развитие машиностроения по отношению к отраслям – потребителям ее продукции.

На данный момент ряд объективных ограничений делают инновационное развитие отрасли затруднительным:

- критический моральный и физический износ оборудования;
- наличие избыточных производственных мощностей с морально устаревшей конфигурацией и архитектурой производственных помещений;
- дефицит высококвалифицированных кадров;
- дефицит оборотных средств;
- отсутствие эффективной маркетинговой (сбытовой) политики, особенно на рынке наукоемкой продукции;
- недостаточное развитие системы сервиса и технической поддержки выпускаемой продукции;
- неравные условия конкуренции на рынке с зарубежными производителями аналогичной продукции машиностроительных предприятий;

[3] Итоги работы машиностроительной отрасли Кемеровской области в 2011 н. Доклад Департамента промышленности, торговли и предпринимательства КО http://www.dprpko.ru/mashinostroenie.html

- узкая номенклатура выпускаемой машиностроительными предприятиями продукции, не способная обеспечить внутриобластные потребности горнодобывающего комплекса, жилищно-коммунального, дорожного, лесного и сельского хозяйства.

Для снятия ограничений в развитии регионального машиностроения необходимо изменение технологической платформы отрасли на базе кластера тяжелого машиностроения.

Под кластером понимается группа независимых компаний (промышленных, торговых и др.), разработчиков и носителей инновационных технологий и ноу-хау (университетов, научных учреждений, частных компаний), связующих рыночных институтов (биржи, банки, брокерские конторы и др.) и потребителей, комплексирующих на определенной территории друг с другом. По сути, кластер является высокопродуктивной и конкурентоспособной формой развития.

На кластерной территории происходит разработка новых технологий, материалов, машин и механизмов, их внедрение непосредственно в производство. Кластер предполагает формирование единого технологического и производственного, а также информационного пространства, в том числе в области распространения знаний. Этот комплекс информационно-технологических составляющих при достаточном уровне развития становится самостоятельной силой, которая уже сама в дальнейшем развивает кластер.

Развитие кластера тяжелого машиностроения Кемеровской области в период до 2020 года позволит обеспечить:

- дополнительные возможности создания современных предприятий (в том числе иностранных) и организацию на территории Кемеровской области производств с использованием инновационных технологий;
- развитие научно-исследовательской базы в сфере машиностроения;
- повышение конкурентоспособности машиностроительной отрасли Кемеровской области и экономики региона в целом.

Список литературы

1. Состояние и перспективы государственно-частного партнёрства в машиностроении (монография). Под ред. А.В. Гребенникова. Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2012.– 235 с.

2. Никитенко С.М. Институциональная среда и финансовые инструменты развития технологических инноваций в машиностроительной отрасли. Материалы 9-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». 16 марта 2011г. Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск, 2010. -231 с.

3. Никитенко С.М. О механизмах финансового обеспечения процесса модернизации и повышения конкурентоспособности продукции тяжелого машиностроения в Кузбассе. (Стратегические ориентиры модернизации и повышения

конкурентоспособности продукции машиностроения в Кузбассе). По материалам научно-практической конференции «Есть ли инновационное будущее у машиностроения Кузбасса?» 15 июня 2011 г. /Под ред. А.В. Гребенникова. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2011.

СЕКЦИЯ

ДОБЫЧА УГЛЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 622.5:627.824

С.П. БАХАЕВА, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Т.В. МИХАЙЛОВА, ст. преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ДАМБ

Гидротехнические сооружения, как в период их строительства, так и во время эксплуатации находятся под влиянием различных нагрузок, одной из которых является силовое воздействие фильтрационной воды в теле грунтовой дамбы.

Обобщающий анализ аварий и аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях Кузбасса, а также мировой опыт эксплуатации грунтовых плотин [1] показывает, что около 30 % всех аварий произошли из-за нарушений фильтрационного режима в теле грунтовых сооружений.

Известно, что под воздействием фильтрационного потока на каждый элемент грунта, расположенный ниже уровня поверхности депрессии, действуют фильтрационные силы (рис. 1):

- гидростатическое взвешивание, проявляющееся архимедовыми силами ($F_{арх}$), которые взвешивает грунт в реактивной части отсека и тем самым значительно уменьшает удерживающие силы ($F_{уд}$);
- гидродинамические давление, выражающееся в виде силы, действующей вдоль линии тока ($F_{л.т.}$), и направленное в сторону понижения уровня поверхности депрессии, тем самым увеличивает сдвигающую составляющую ($F_{сд}$), а, следовательно, снижает устойчивость откоса.

В соответствии со СНиП 2.06.05-84* [2] фильтрационную прочность тела грунтовой дамбы оценивают на основе соответствующих расчетов и экспериментальных исследований грунтов при действующих в сооружении градиентах напора с учетом напряженно-деформированного состояния сооружения и его основания, особенностей конструкции, технологии строительства и условий эксплуатации.

Расчеты фильтрационной прочности надлежит выполнять исходя из наибольшего напора, действующего на сооружение. Фильтрационная прочность грунтовой дамбы обеспечивается при выполнении следующего условия

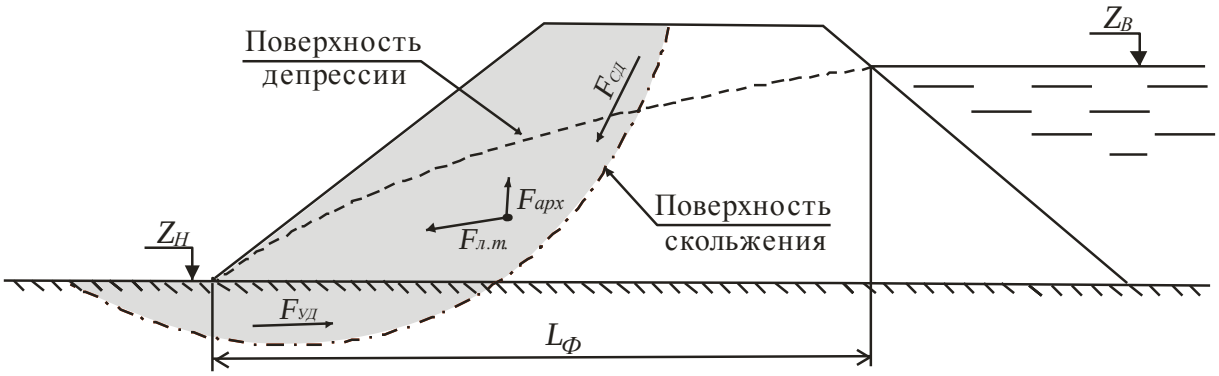


Рис. 1. Схема к расчету фильтрационной прочности тела грунтовой дамбы

$$J_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} J_{cr,m} \ , \qquad (1)$$

где $J_{est,m}$ – действующий средний градиент напора в расчетной области фильтрации; $J_{cr,m}$ – критический средний градиент напора, принимаемый на основании исследований грунтов в реальных условиях эксплуатации сооружения (при отсутствии необходимых исследований значения $J_{cr,m}$ принимают в соответствии со СНиП 2.06.05-84* [2] в зависимости от литологического строения тела и основания дамбы); γ_n – коэффициент надежности, определяемый в соответствии со СНиП 33-01-2003 [3] в зависимости от класса сооружения.

Значение действующего среднего градиента напора в расчетной области фильтрации определяют по формуле

$$J_{est,m} = \frac{Z_B - Z_H}{L_Ф}, \qquad (2)$$

где Z_B – отметка воды в верхнем бьефе, м; Z_H – отметка выхода фильтрационного потока в нижнем бьефе, м; $L_Ф$ – длина пути фильтрации, м.

Действующей градиент напора в расчетной области фильтрации принимают в качестве диагностического показателя надежности грунтовой дамбы при оценке ее безопасности.

Рассмотрим влияние геометрических параметров: высоты (5, 15, 35, 65 и 80 м) и заложения откосов (1:1; 1:1,5; 1:2; 1,2,5 и 1:3) однородной дамбы (из глинистых грунтов с включениями песчаных разновидностей)

шириной по гребню 4,5 м на величину градиента напора тела дамбы ($J_{est,m}$). Анализ графиков (рис. 2), показывает, что в дамбах при ширине по гребню 4,5 м и высоте до 15 м, действующий градиент напора фильтрационного потока не превысит критического значения, рекомендованного СНиП 2.06.05-84* [2] для сооружений IV класса при заложении верхового и низового откосов 1:1; при этих же условиях фильтрационная прочность дамб высотой 80 м обеспечивается при заложении откосов не круче 1:1,6.

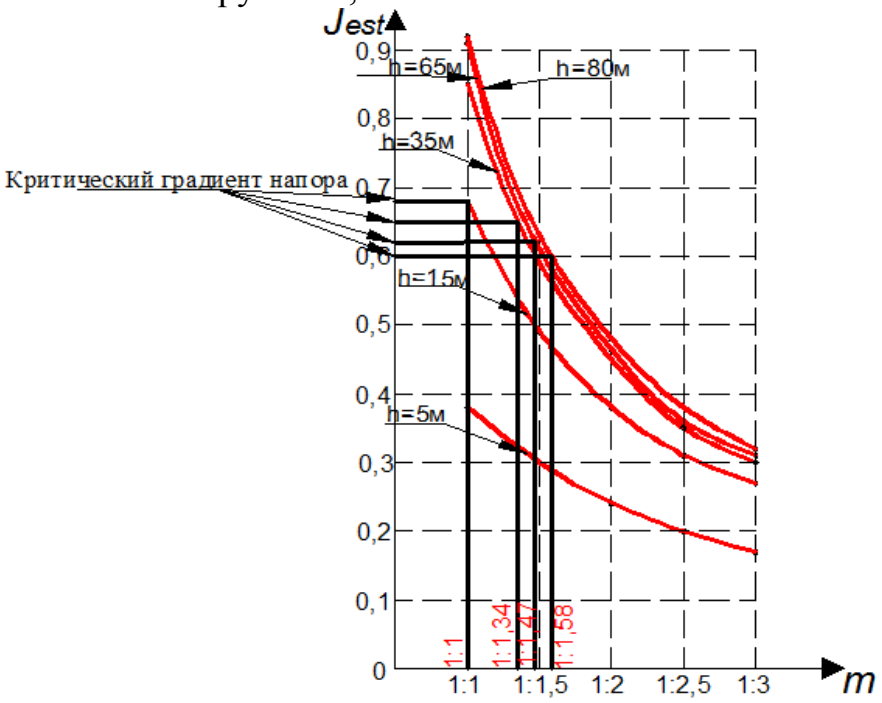


Рис. 2. Зависимость градиента напора ($J_{est,m}$) от заложения откоса (m) и высоты (h) дамбы (при ширине гребня b = *4,5 м*)

Фильтрационная прочность дамбы увеличивается пропорционально ширине ее гребня (рис. 3). В этой связи для дамб шириной не менее 4,5 м и высотой до 15 м допустимо не проводить инструментальный контроль фильтрационного режима, ограничившись визуальным контролем наличия выходов фильтрационных вод со стороны низового откоса.

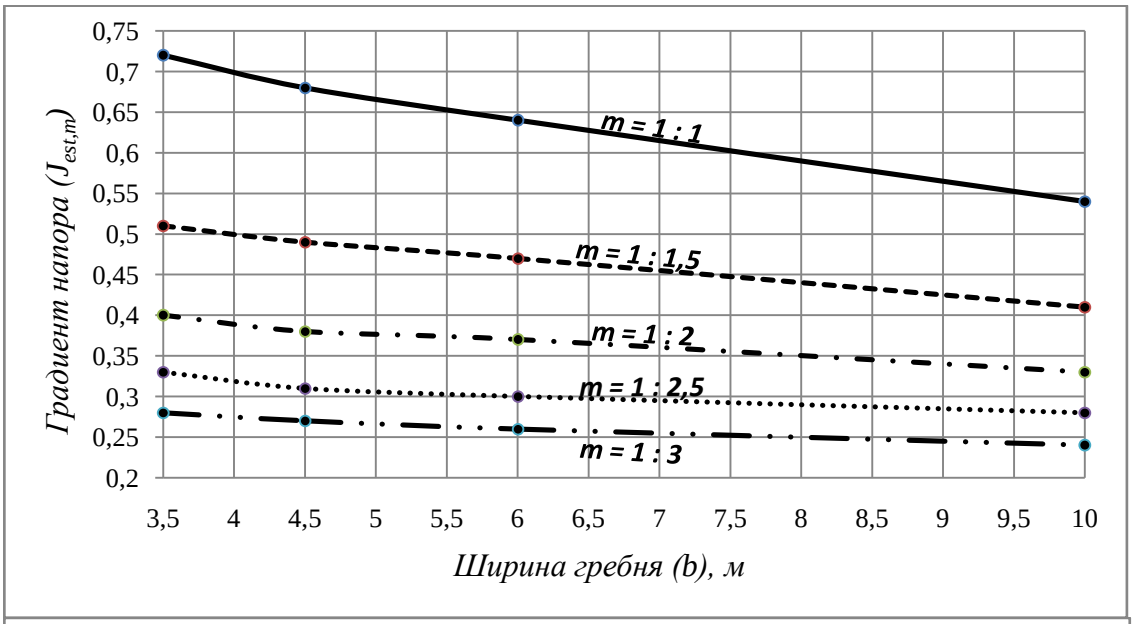
Анализ результатов наблюдений фильтрационного потока в теле грунтовых дамб (плотин) различных накопителей жидких отходов горнопромышленных предприятий Кузбасса [4] показывает (таблица), что по всем оцениваемым объектам действующий средний градиент напора фильтрационного потока не превышает критического значения, что подтверждается их безаварийной работой.

Зависимости (рис. 2 и 3), полученные при построении статистических и детерминистических моделей дамб из грунтовых материалов позволят оперативно определять диагностический показатель

контроля фильтрационного режима, как при проектировании, так и эксплуатации грунтовых дамб накопителей жидких отходов промышленных предприятий.

Прогноз фильтрационного режима грунтовых дамб (плотин) на этапе проектирования, а также гидрогеологический контроль и оценка фильтрационной прочности грунтов тела в период эксплуатации сооружений позволит снизить риск возникновения аварийных ситуацией, связанных с нарушением фильтрационного режима грунтовых дамб.

а)



б)

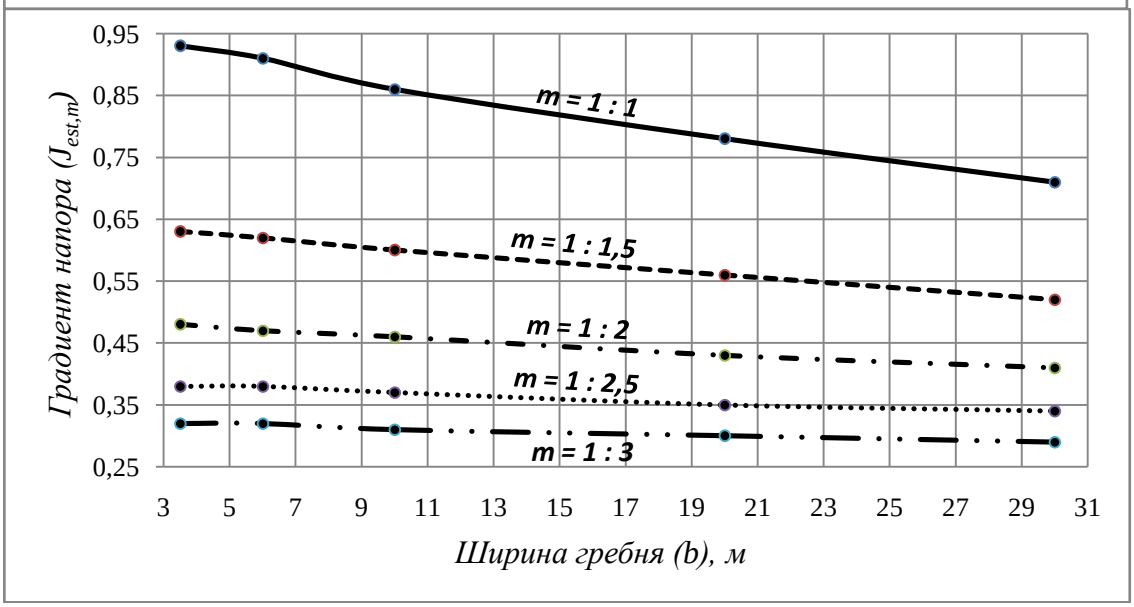


Рис. 3. Исследование зависимости градиента напора ($J_{est,m}$) от заложения откоса (m) и ширины гребня (b) для дамб высотой: а) $h = 15$ *м*; б) $h = 80$ *м*

Таблица - Максимальные значения действующего градиента напора фильтрационного потока в теле грунтовых дамб

Наименование накопителя	Параметры дамбы (высота / ширина гребня)	Период наблюдений	Z_B, м	Z_H, м	$L_Ф$, м	$J_{est,m}$
Гидроотвал для складирования флотохвостов ОАО ЦОФ «Берёзовская»	30,3 м / 6,0 ÷ 18,0 м	2005	232,76	227,10	10	0,57
		2007	232,71	223,14	20	0,48
		2008	232,67	223,54	20	0,46
		2010	232,84	223,79	20	0,45
		2011	232,66	223,94	20	0,44
Хвостохранилище в долине реки Жасменка Мундыбашского филиала ОАО «Евразруда»	46,2 м / 7 ÷ 10,0 м	2010	277,36	257,55	34	0,58
		2011	280,56	259,20	34	0,63
ОАО ЦОФ «Сибирь»	39,5 м / 18 ÷ 28 м	2007	269,1	256,6	36	0,35
		2008	268,8	254,08	36	0,41
		2009	269,42	257,6	40	0,30
		2011	269,58	257,6	40	0,30
ЗАО «Салаирский химический комбинат»	65 м / 6 ÷ 12,0 м	2011	309,5	295,02	25	0,58

Список литературы

1. Малаханов В. В. Техническая диагностика грунтовых плотин. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов. М.: Госстрой СССР, 1991.
3. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М.: Госстрой России, 2004.
4. Годовые отчеты о состоянии гидротехнических сооружений промышленных предприятий Кузбасса.

УДК 622.235

А.А. СЫСОЕВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Я.О. ЛИТВИН, зам. директора по производству, канд. техн. наук
(разрез «Кедровский» ОАО УК «Кузбассразрезуголь»)
К.А. ГОЛУБИН, аспирант
(КузГТУ, г. Кемерово)

К ВОПРОСУ ОБ ОБОСНОВАНИИ РЕЗЕРВА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА РАЗРЕЗАХ

Создание резерва взорванной горной массы на разрезах необходимо для обеспечения стабильной и непрерывной работы экскаваторов и транспорта при подготовке запасов полезного ископаемого к выемке. Экскаваторный блок, как часть уступа, предназначенная для разработки одним экскаватором [1], состоит из трех равных по объему частей: оперативного объема взорванной горной массы, резервного объема взорванной горной массы и части блока готового для бурения взрывных скважин и последующей их зарядки. Каждую из этих отдельных частей общего экскаваторного блока называют также взрывным блоком.

Сумма объемов резервных частей вскрышных экскаваторных блоков представляет собой общий резерв взорванной горной массы по разрезу или участку. При отсутствии экологических ограничений резерв взорванной горной массы имеет оптимальный объем по технико-экономическим критериям. Увеличение объема взорванной горной массы обусловливает замораживание оборотных средств. Уменьшение объема массовых взрывов в карьере приводит к увеличению простоев горнотранспортного оборудования и обусловливает соответствующее увеличение себестоимости.

В настоящее время в связи с довольно широким диапазоном типоразмеров вскрышных экскаваторов, используемых на разрезах Кузбасса, масштабы массовых взрывов при подготовке вскрышных пород также весьма неравномерны – от нескольких десятков тонн взрывчатого вещества до миллиона тонн. Естественно, что при таком размахе масштабов массовых взрывов встает вопрос об обосновании объема отдельного взрыва и, следовательно, об обосновании резерва взорванной горной массы.

Имеющиеся научные рекомендации по данному вопросу были получены 30 – 50 лет назад, базируются на критериях плановой экономики и не учитывают ряд весьма важных, на наш взгляд, горнотехнических факторов, влияющих на величину целесообразного объема отдельных

взрывных блоков и на объем резерва взорванной горной массы в целом по разрезу или участку. Таким образом, эти параметры производства взрывных работ фактически не регламентируются, если не считать тех случаев, когда объем массового взрыва ограничивается по экологическим соображениям.

В настоящей работе предлагаются методический подход для обоснования резерва взорванной горной массы для совокупности вскрышных экскаваторно-автомобильных комплексов, работающих во взаимно пересекающихся зонах производства взрывных работ, и базирующийся на одной из классических систем управления запасами.

Этот подход заключается в минимизации ущерба, связанного с содержанием созданного резерва взорванной горной массы в течение времени, необходимого для его отработки, и ущерба обусловленного простоями горнотранспортного оборудования в течение времени, требуемого для производства взрыва. Если отвлечься от технических и технологических деталей, то данная оптимизационная задача в теории управления запасами [2] относится к системе управления с фиксированным размером запаса. К сожалению, требования к объему статьи не позволяют детально рассмотреть промежуточные выкладки, поэтому приводим окончательную формулу для расчета оптимального резерва взорванной горной массы $\Delta V_{îïò}$ (м3) для группы экскаваторов, работающих в зоне взаимного влияния при производстве взрывных работ

$$\Delta V_{îïò} = Q_{ìåñ}\left[\frac{\tilde{n}_{áóð} + \tilde{n}_{ý} + \tilde{n}_{òð} + \tilde{n}_{îòâ}}{\tilde{n}_{áâð}\left(\sqrt[12]{1 + r_{ãîä}} - 1\right)} N_{ý}\Delta t\right]^{\frac{1}{2}},$$

где $Q_{ìåñ}$ – суммарная месячная производительность группы рассматриваемых экскаваторно-автомобильных комплексов, м3/мес.; $N_{ý}$ – количество экскаваторно-автомобильных комплексов, шт.; Δt – средние простои оборудовании при одном взрыве, мес.; $\tilde{n}_{áâð}, \tilde{n}_{áóð}, \tilde{n}_{ý}, \tilde{n}_{òð}, \tilde{n}_{îòâ}$ – удельные затраты по технологическим процессам (буровзрывные работы, бурение, экскавация, транспортирование, отвалообразование), руб./м3; $r_{ãîä}$ – годовая норма дисконта, дол. ел.

Автор [2] отмечает, что «Расчет математического оптимума может создать ложное впечатление о точности данного показателя. Возникает вопрос: в какой степени приемлем такой "приблизительный" объем партии

с точки зрения минимальных расходов? Ответ состоит в том, что кривая издержек в районе оптимальной точки относительно пологая, особенно вправо от данной точки. Следовательно, показатель экономичного объема партии можно считать достаточно устойчивым».

Анализ функциональной зависимости затратных показателей от объема резерва взорванной горной массы и численные расчеты при исходных данных, соответствующих фактическим данным на разрезах, подтверждают эту ситуацию. В практических условиях производства можно говорить о диапазоне рациональных значений резерва взорванной горной массы, при которых целевая функция незначительно отличается от точного математического минимума. В частности, если под словом «незначительно» понимать отличие не более, чем на 10 %, то рациональные значения будут находиться в довольно широком диапазоне относительно точного математического минимума:

$$\Delta V_{\text{ðàö}} = (0,67 \div 1,5)\,\Delta V_{\text{î ï ò}}.$$

Полученный результат является промежуточным, поскольку он определяет оценку только общего объема резерва взорванной горной массы. Типоразмеры экскаваторов, находящихся во вскрышной зоне, могут существенно отличаться. Например, на разрезе «Талдинский» угольной компании «Кузбассразрезуголь» рядом с экскаватором с емкостью ковша около 60 м3 работают машины в 4 – 5 раз меньшей производительности. Простои мощного экскаватора и смежного с ним оборудования не равноценны таким же по времени простоям экскаваторов и оборудования меньшей мощности. Поэтому возникает задача распределения суммарного резерва взорванной горной массы по экскаваторам различной мощности с различной производительностью. Решение ее позволит дать практические рекомендации по планированию взрывных работ при подготовке горной массы к выемке при фактически существующих на конкретном разрезе типоразмерах вскрышных экскаваторов.

Список литературы

1. Ржевский, В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. – М. : Недра, 1974. – 631 с.

2. Стивенсон, Дж. Управление производством: Пер. с англ. / Дж. Стивенсон. – М.: Лаборатория базовых знаний, БИНОМ. – 1998. – 928 с.

УДК 622.807.17

Ю.М. КАЙГОРОДОВ, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО- ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Большинство производственных процессов в горной промышленности сопровождается образованием пыли. В шахтах проблема борьбы с пылью решается путем проветривания и подавления пыли увлажнением и орошением. На открытых горных работах ситуация более сложная. Проблема запыленности обостряется с увеличением глубины разработки, когда ветровое воздействие на воздухообмен в забоях исчезает. В зимнее время в глубоких карьерах температурная инверсия приводит к длительным простоям забоев из-за образования плотных туманов (смогов) и невозможности использовать орошение как средство подавления пыли. Искусственное проветривание глубоких карьеров требует установки вентиляторов колоссальной мощности и в целом мало оправдано [1].

Альтернативой применяемым способам борьбы с аэрозолями (пыль и выхлопы автомобильных двигателей) на открытых работах может служить электронно-ионная технология, обеспечивающая непосредственное воздействие на частицу аэрозоля при минимальных затратах. Предложенная технологическая схема электрогазодинамической (ЭГД) установки [2] позволяет создать устройство, осаждающее частицы аэрозолей на грунт в открытом или закрытом пространстве.

Принцип работы ЭГД-установки заключается в следующем. Установка выбрасывает во внешнее пространство отрицательно заряженные ионы, которые осаждаются на частицах аэрозоля (пыли). Создавшийся отрицательно заряженный объем индуцирует в поверхности почвы положительный заряд, следствием чего является появление напряженности электрического поля, под действием которого заряженные частицы (ионы и аэрозоль), начинают двигаться к земле. Ионы, обладая большой скоростью и сталкиваясь с нейтральными молекулами воздуха (молекулы азота), сообщают им скорость.Таким образом, создается трехфазная среда (ионы, заряженные частицы аэрозоля и нейтральнная компанента), движущаяся к почве и образующая электрогазодинамическое течение.

В результате проведенных исследований получена математическая модель электрогазодинамического течения. Исходная система уравнений для моделирования включала:

- уравнение неразрывности тока,
- уравнение Гаусса,
- уравнение скорости заряженных частиц.

Математическая модель электрогазодинамического течения позволяет рассчитать:

- напряженность электрического поля в рабочем пространстве,
- скорость движения нейтральной компаненты,
- скорость осаждения частиц аэрозоля.

Концентрация пыли в рабочем пространстве определяется соотношением интенсивности поступления пыли и интенсивности ее осаждения. Предложенная математическая модель осаждения отражает динамическое взаимодействие этих факторов.

Исходными данными для расчета ЭГД-установки являются:

- предельно-допустимая концентрация пыли на рабочем месте,
- интенсивность поступления пыли,
- объем рабочего пространства,
- высота расположения ЭГД-установки,
- интегральная характеристика пыли.

Интегральной характеристикой в данной ситуации является среднее значение коэффициента подвижности заряженных частиц аэрозоля. На основе способа определения коэффициента подвижности заряженных частиц [3] создан прибор для измерения коэффициента подвижности.

ЭГД-установки прошли промышленные испытания на многих предпрятиях и показали высокую эффективность. На Мундыбашской аглофабрике пятикратный уровень запыленности за 15 минут снизился доПДК после включения установки.

Список литературы

1. Ивашкин В. С. Борьба с пылью и газами на угольных разрезах. ─ М.: Недра, 1980, ─ 258 с.

2. А. С. №588883 СССР Кл Н 05 F1/00 Устройство для создания ионизированной струи воздуха/ Ю. М. Кайгородов, П. Т. Пономарев, И. П. Рябчун. Заявл. 14.06.76. Не публикуется.

3. А. С. №1605181 СССР G01 N 27/62 Способ определения коэффициента подвижности заряженных частиц газовой среды/ Ю. М. Кайгородов, Л. А. Фукс, П. т. Пономарев, Н. Н. Петров. Заявл.13.05.87. Опубл. 07.11.90. Бюл. №41.

УДК 622.271.6(075.8)

Ю.И. ЛИТВИН, аспирант
(КузГТУ, г. Кемерово)

ОЦЕНКА ДИСБАЛАНСА ПОДАЧИ ГИДРОСМЕСИ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В МОМЕНТ ПОДРЕЗКИ УСТУПА ГИДРОМОНИТОРАМИ

Анализ структур гидротранспортных установок разрезов Кузбасса показал, что резервом повышения эффективности работы гидромониторно-землесосного комплекса является ликвидация дисбаланса подач, который появляется в результате рассогласования режимов работы оборудования систем водоснабжения и гидротранспортирования.

Возникает дисбаланс подач между насосно-гидромониторной и гидротранспортной установками в момент подрезки уступа гидромониторами (врубообразования). Производительность гидромониторов по твердому в это время значительно сокращается по сравнению с периодом размыва обрушенной породы. В результате общее количество гидросмеси, поступающей в зумпф, уменьшается, что приводит к понижению ее уровня в зумпфе. Данное обстоятельство становится особенно актуальным при применении современных мощных гидромониторов типа ГД-300, способных заменить два применяемых в настоящее время гидромониторов типа ГМД-250М. При работе нескольких прежних гидромониторов на одну групповую забойную землесосную установку подача и плотность гидросмеси, поступающей в забойный зумпф, за счет усреднения были примерно постоянными. При работе одного мощного гидромонитора проблема дисбаланса обостряется. Как показали расчеты, затраты времени на врубообразование в общем цикле подрезки и размыва обрушенных пород составляет более 50 %. Следовательно, понижение уровня гидросмеси в зумпфе может быть значительным, и может привести к срыву вакуума грунтового насоса с последующей аварийной остановкой.

При подрезке уступа гидромониторной струей такое понижение уровня произойдет в среднем через 5,0 – 7,0 мин для пород V категории трудности разработки и через 6,0 – 8,0 мин для пород VI категории после ее начала. То есть через 5,0 - 8,0 мин после начала подрезки насосный агрегат необходимо будет останавливать. В этом случае, после остановки насосного агрегата уровень гидросмеси в зумпфе начнет повышаться. Продолжительность подъема гидросмеси до исходного уровня составит всего от 0,6 до 1,1 минуты. После чего необходимо заново запускать насосный агрегат. Такой график работы насосного агрегата с

электроприводом мощностью 1600кВт (запитанного от сети 6000В) реализовать невозможно. Поэтому согласование режимов работы гидротранспортной установки и гидромонитора в период подрезки уступа за счет остановки насосного агрегата проблема технически неразрешимая. Поэтому используют иной способ регулирования режима работы грунтового насоса - включают зумпфовой гидромонитор, который увеличивает объем гидросмеси в зумпфе за счет подачи дополнительной воды, иначе насосно-гидромониторный комплекс просто не будет функционировать. Использование зумпфовых гидромониторов в принципе позволяет избежать частых остановок и запусков землесосных агрегатов, однако при этом уменьшается концентрация твердого в перекачиваемой на гидроотвал гидросмеси, что значительно снижает энергетические показатели гидротранспорта (уменьшается КПД гидротранспортной установки и увеличивается удельный расход электроэнергии). Кроме того, включение зумпфовых гидромониторов, которые работают параллельно с основными гидромониторами в общей внешней сети насосных установок водоснабжения, приводит к изменению режимов работы рабочих гидромониторов, снижая напор на насадке и их водопроизводительность. При этом уменьшается производительность гидромониторов по твердому и снижается концентрация твердого в формируемой гидросмеси, а, следовательно, ухудшаются технико-экономические показатели работы гидромониторно-землесосного комплекса в целом.

Величина дисбаланса производительности систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса может быть определена из выражения:

$$\Delta Q_г = Q_в \cdot \frac{q_1 - q_2}{q_1 \cdot q_2}(1-m) \text{; м}^3\text{/ч,} \qquad (1)$$

$\Delta Q_г = Q_{г.см} - Q_{г.вр}$ или

где $Q_{г.см}$–производительность гидромонитора по гидросмеси при смыве обрушенной породы, м^3/ч; $Q_{г.вр}$–производительность гидромонитора по гидросмеси при подрезке уступа $Q_{г.вр}$, м^{3}ч; $Q_в$–производительность гидромонитора по воде, м^3/ч; m – пористость разрабатываемой породы, дол. ед.; q_2–удельный расход воды на размыв обрушенной породы, м^3/м^3; q_1–удельный расход воды на подрезку уступа, м^3/м^3.

Кроме абсолютного значения величины дисбаланса подач весьма важным параметром является значение глубины регулирования подачи грунтового насоса с целью снижения его производительности в период подрезки уступа струей гидромонитора. Его определяем по формуле:

$$\Delta Q = \frac{\Delta Q_г}{Q_{г.см.}} \cdot 100 \text{, \%} \qquad (2)$$

Для характерных условий разрезов Кузбасса – при высоте разрабатываемого уступа h=20м, категории пород – V (q=7м^3/м^3 при

величине давления воды перед насадкой гидромонитора $H_н$ = 180м), диаметре насадки гидромонитора Ø=125мм, значении пористости пород m = 0,4 и величине глубины вруба $h_{вр.}$ = 1,2м, величина дисбаланса ΔQг составит 300 $м^3$/ч, а глубина регулирования подачи - 10%. Следовательно, способ регулирования величины подачи грунтового насоса должен обеспечить именно такое снижение его производительности.

УДК 338.242.2

В.В. МИХАЛЬЧЕНКО, профессор, д-р экон. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ИЗМЕНЧИВЫХ И НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ СРЕДЫ

Реструктуризация угольной промышленности 90-х и закрытие предприятий, показатели экономической эффективности которых не вписывались в область допустимых рынком значений, являлась важным, но промежуточным этапом адаптации угледобывающей отрасли к новым экономическим условиям. Дело в том, что санация отрасли без принципиального изменения технологии производства, изменения методов организации и управления не может обеспечить существенного роста экономических результатов. Развивая данную тему, здесь уместно привести образное выражение А. Эйнштейна о том, что невозможно решить проблему, действуя в рамках тех же методов, которые привели к её возникновению. А это означает, что решение рассматриваемой проблемы требует конструктивных (структурных) преобразований угледобывающих предприятий, оказавшихся в новых, принципиально других условиях внешней среды.

Именно структурное несоответствие предприятий новым условиям хозяйствования, несмотря на стабилизацию ситуации и рост объемов добычи угля, в значительной степени предопределяет то, что проблема низкой эффективности угледобывающего комплекса остается нерешенной. В частности, продолжает сохраняться многократный разрыв в уровне производительности труда в угольной промышленности России по сравнению с угледобывающими предприятиями стран - лидеров мирового рынка угля. Высокая ресурсоемкость и инерционность угледобывающих предприятий, по сравнению с производителями альтернативных энергоносителей, ограничивает их конкурентоспособность на внутреннем

рынке. Доля угля в топливно-энергетическом балансе страны продолжает сокращаться и снизилась в настоящее время до 13%. При этом продолжается расширение использования более дешевых и технологичных видов топлива и, прежде всего, газа. Низкая прибыльность блокирует приток инвестиций в отрасль, что подрывает перспективы ее развития.

Производственные системы и организационно-управленческие механизмы большинства действующих угледобывающих предприятий были разработаны для условий другой экономики, для условий, когда имел место гарантированный сбыт, были доступны и относительно дешевы кредитные ресурсы, имела место стабильность экономических параметров внешней среды.

В условиях централизованной плановой экономики достижение экономической эффективности в горнодобывающем производстве базировалось на переносе в данную отрасль принципов массового производства, предполагающего использование унифицированных организационных и технологических решений, стандартизированного мощного, высокопроизводительного оборудования, а также высокую концентрацию производства для реализации положительного эффекта масштаба.

Данные подходы, дававшие желаемый результат в простых, с малой степенью вариабельности горно-геологических условиях, оказались мало эффективными для условий, характеризуемых высокой степенью разнообразия, преобладанием наклонных и крутопадающих пластов, осложненных многочисленными геологическими нарушениями. Такие условия являются характерными, например, для Кузбасса – основного угледобывающего бассейна России, с наибольшими запасами и объемами добычи ценных и качественных марок каменного угля.

Изменчивость природной и организационной среды необходимо было компенсировать. И для этого существовал соответствующий своему времени метод. Надежность и стабильность плановой системы обеспечивалась избыточностью ресурсов в каждом ее звене. Например, для системы открытой добычи угля Кузбасса, избыточность горнотранспортного оборудования составляла по экскаваторам до 3,0 раз, буровым станкам – до 3,5 раз, избыток трудовых ресурсов достигал 5,0 раз. Избыточность по фронту работ достигала 4,0 раз, что приводило к деконцентрации транспортных потоков, повышению уровня материальных затрат, значительной экологической нагрузке на окружающую среду. Все это неизбежно обуславливало дополнительные потери и высокую ресурсоемкость угледобывающего производства.

В новых экономических условиях, к отмеченным выше факторам вариабельности природной и организационной среды, добавляются новые, связанные с неоднородностью, вариативностью и высокой степенью

неопределенности рыночной среды. Изменчивость и ограниченная предсказуемость параметров экономической среды является фундаментальным и принципиально неустранимым фактором рыночной экономики. Так, в частности, существенной изменчивостью обладают значения макроэкономических параметров, ценовые пропорции для основных видов ресурсов и углепродуктов, показатели спроса.

Анализ многолетних данных потребления энергоносителей показывает, что доля переменной составляющей спроса колеблется в диапазоне 30-40% от общей годовой потребности в энергоносителях. Стремление угледобывающих предприятий, имеющих весьма инерционную производственную систему и длительный производственный цикл, максимально увеличить экономический результат и свою долю на рынке, заставляет их запускать производственный процесс за несколько месяцев до появления спроса.

Это приводит к связыванию значительных оборотных средств в подготовительных (вскрышных) горных работах, в запасах угля подготовленного, готового к выемке и на складах. В этой связи, финансовая устойчивость угледобывающих предприятий, использующих опережающее производство, в значительной степени зависит от достоверности прогноза спроса. Вместе с тем, возможности точного прогнозирования рыночного спроса на энергоносители в рамках делового годичного цикла принципиально ограничены диапазоном 2-3 месяца. Это означает, что следовать за изменениями спроса без создания запасов и соответствующих экономических потерь имеют возможность лишь те предприятия, скорость реакции которых, т.е. продолжительность технологического цикла которых, соответствует динамическим характеристикам рыночной среды.

В современных экономических условиях сохранение указанных подходов и методов и использование в качестве основного механизма компенсации природной, организационной и рыночной вариабельности – механизма запасов, как материально-технических ресурсов, так и технологически предопределенных, а также запасов готовой продукции, приводит к неэффективному использованию капитала, увеличивает производственные затраты.

Помимо снижения экономической эффективности принципиальным фактором, ограничивающим возможность использования механизма запасов в современных условиях, является значимое возрастание риска экономической деятельности, связанное с вложением капитала в работы будущих периодов, выходящих за пределы горизонта достоверного прогнозирования.

Конфликт между необходимостью полного использования потенциала рыночного спроса в условиях сокращающегося рынка и

обостряющегося конкурентного давления и потребность в повышении эффективности использования капитала, снижения экономического риска и составляет существо проблемы обеспечения жизнеспособности и эффективности предприятий угледобывающего комплекса в изменчивых и неопределенных условиях рыночной среды. Решение данной проблемы не может быть достигнуто в рамках традиционно сложившихся в отрасли методов производства и управления. В условиях рынка производственные системы, спроектированные и созданные для условий другой экономики, оказываются неспособными обеспечить требуемый уровень эффективности. Реализация необходимых для этого преобразований требует перехода к стратегии экономически эффективной адаптации [1]. Эта стратегия предполагает целенаправленное изменение принципов построения производственных систем, а также изменение организационно – экономических и управленческих механизмов таким образом, чтобы достигалось существенное снижения издержек производства с одной стороны и одновременно обеспечивалось соответствие динамических показателей производственных систем угледобычи динамике изменения параметров экономической среды с другой.

Список литературы

1. Михальченко В.В. "Организационно-экономические основы формирования адаптивных систем угледобычи", автореф. дис. … докт. экон. наук. – Челябинск, 2002. – 35с.

УДК 622.822

В.А. ПОРТОЛА, Н.Л. ГАЛСАНОВ, Н.Ю. ЛУГОВЦОВА
(ОАО «СУЭК-Кузбасс», КузГТУ, ЮТИ ТПУ)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ В ШАХТАХ

Пожары, возникающие в добываемом горючем полезном ископаемом, представляют большую угрозу для людей, окружающей природы и промышленных предприятий. Наиболее опасными в таких ситуациях являются выделяемые токсичные летучие продукты горения, высокая температура и возникающая угроза взрыва горючих газов, паров и пыли. Пожары наносят также существенный экономический ущерб предприятиям. Особенно опасны пожары, возникающие в угольных шахтах. Кроме экзогенных пожаров, возникающих от внешних источников тепла, в шахтах часто встречаются эндогенные пожары, развивающиеся в процессе самовозгорания угля.

Статистические данные свидетельствуют, что наибольший экономический ущерб угольным шахтам наносят эндогенные пожары. Так, на их долю приходится около 62 % от ущерба, причиняемого угольным предприятиям всеми подземными пожарами. Потери, обусловленные пожарами, в том числе эндогенного происхождения, в последние годы незначительно колеблются относительно среднего уровня. Исключение составляет 2010 г., в котором произошло резкое увеличение экономического урона, наносимого эндогенными пожарами. В последние три года основные экономические потери происходят от возникновения самовозгорания угля. Так, в 2008-2010 гг. ущерб от эндогенных пожаров превышает 90 % от общих потерь.

Процесс добычи угля в шахтах сопровождается образованием в выработанном пространстве скоплений горючего материала, при окислении которого выделяется тепло. Развитие процесса самовозгорания в основном происходит в теряемых в выработанном пространстве шахт скоплениях угля и в угольной пыли при фильтрации через них потоков воздуха. Разрыхленные скопления угля возникают вдоль оставленных целиков угля, в местах нарушений пласта, а угольная пыль образуется при оседании пыли, выносимой из забоя потоками воздуха, в зонах снижения скорости воздуха.

Для предупреждения развития очага самовозгорания можно снижать химическую активность угля. С этой целью используют антипирогены, взаимодействие которых с углем или угольной пылью снижает количество активных центров в угле или замедляет проникновения кислорода. Снизить химическую активность угля можно также путем его охлаждения. Так, согласно закону Аррениуса, скорость химических реакций определяется выражением

$$k = Ae^{-E/RT}, \qquad (1)$$

где A - фактор эффективности соударений; E – энергия активации, кДж/кмоль; R - универсальная газовая постоянная, кДж/(кмоль К); T – температура, К.

Согласно уравнению (1), скорость взаимодействия между углем и кислородом существенно снижается при охлаждении угля.

Серия экспериментов оценивала влияние на химическую активность угля снижения его температуры. С этой целью пробы угля в сорбционном сосуде помещали в термостат с различной температурой. Для каждой пробы угля измерение химической активности производили через 24, 65, 148 и 252 часа. Заполнение сорбционного сосуда свежим воздухом осуществлялось через каждые 24 часа. Результаты исследований приведены на рис. 1.

Анализируя приведенные в табл. 1 данные можно сделать вывод, что снижение температуры угля значительно уменьшает химическую активность

угля по отношению к кислороду. Так, при охлаждении с 20 до 3 оС химическая активность угля падает в 3 – 4 раза. Наибольшее уменьшение химической активности наблюдается у свежеобнаженного угля. По мере увеличения времени контакта угля с воздухом, эффект снижения химической активности угля за счет охлаждения уменьшается. Средняя химическая активность угля за время эксперимента снизилась с 0,0234 см3/(г·ч) (температура 20 0С) до 0,0056 см3/(г·ч) (температура 3 оС).

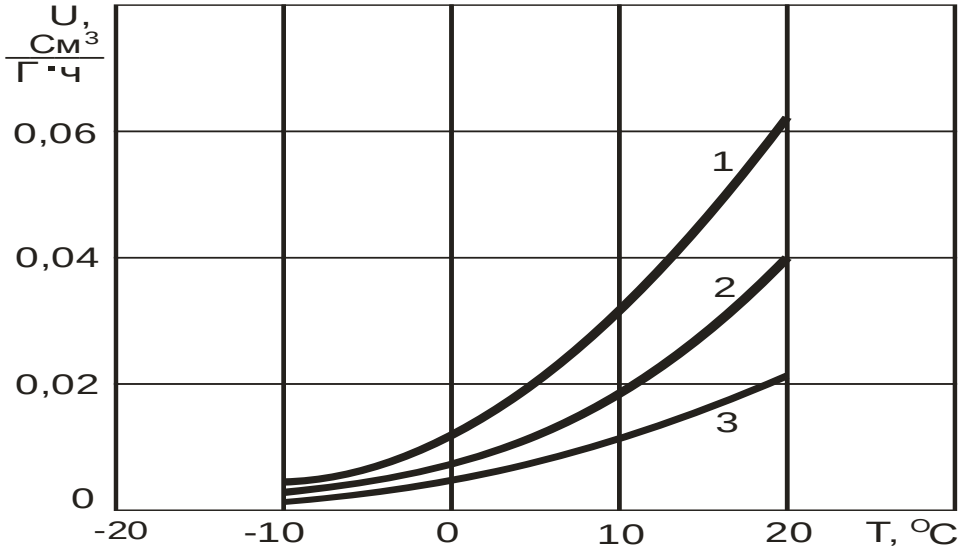


Рис. 1. Изменение химической активности угля в зависимости от температуры:
1 – через 24 часа от начала сорбции; 2 – через 64 часа от начала сорбции; 3 – через 148 часов от начала сорбции

Еще более эффективно оказалось снижение температуры до отрицательных значений. Например, при температуре –5 оС удельная скорость сорбции кислорода углем через 24 часа равнялась 0,0058 см3/(г·ч), а через 65 часов снизилась до 0,0026 см3/(г·ч). Можно также отметить, что наибольшая скорость снижения химической активности отмечается при падении температуры угля в пределах от 20 до 0о С. Дальнейшее охлаждение угля незначительно уменьшает его химическую активность.

Исходя из полученных результатов, можно рекомендовать производить профилактику процесса самовозгорания угля в выработанном пространстве шахт путем снижения температуры обрушенных скоплений. Так, практически предотвращается развитие эндогенного пожара при охлаждении угля до 0о С. При тушении очагов самовозгорания также следует снижать температуру обрабатываемого угля не до 25о С (при которой пожар можно списывать в категорию потушенных), а до температуры замерзания воды. Такая обработка позволит избежать рецидива пожара в последующем.

Для снижения температуры угля в выработанном пространстве целесообразно использовать частицы замороженной воды, распыляемые в потоке воздуха, поступающего в выработанное пространство. Для замораживания жидкости можно использовать жидкий азот, распыляемый в теплообменной камере совместно с водой.

Уменьшить температуру горных пород в выработанном пространстве можно за счет испарения жидкости, периодически подаваемой с потоком воздуха. После цикла увлажнения распыляемой жидкостью должен следовать период испарения осевшей жидкости, приводящий к снижению температуры увлажненного угля. Для интенсификации процесса испарения целесообразно использовать подачу в выработанное пространство сухого газа, например, азота. Чередование таких циклов позволит существенно снизить температуру и, соответственно, химическую активность угля.

Таким образом, проведенные исследования показали, что снижение температуры угля способно уменьшить скорость сорбции кислорода углем в 3 – 10 раз. Поэтому предварительное охлаждение выработанного пространства со скоплениями разрыхленного угля инертными составами с частицами замерзшей жидкости или за счет чередования распыления жидкости и подачи сухого газа позволит предотвратить развитие самовозгорания и отказаться от применения дорогостоящих, а иногда токсичных и экологически вредных способов.

Изучение влияния на химическую активность угля газообразного азота и жидкой фазы инертных смесей, образующихся после таяния и оседания частиц льда на поверхности скопления, производилось в следующей серии экспериментов. Пробы измельченного угля перед помещением в сорбционный сосуд продувались чистым азотом, а также азотом с частицами распыленной воды. Опыты проводились при температуре 25о С. Одновременно исследовался необработанный уголь. Результаты эксперимента приведены на рис. 2.

Проведенные исследования показали, что частицы воды, осевшие на поверхность угля после подачи инертной смеси, производят антипирогенное действие на уголь. Так, химическая активность не окисленного угля снизилась в 1,58 раза. По мере окисления угля антипирогенный эффект обработки водой снижается.

Обработка угля только газообразным азотом привела к увеличению химической активности угля. Этот эффект может быть объяснен удалением кислорода, физически адсорбированного на поверхности угля, потоком азота. Поэтому после восстановления притока воздуха кислород начинает более интенсивно поглощаться углем.

Таким образом, проведенные исследования показали, что предварительное охлаждение угля инертными составами, состоящими из азота и частиц замерзшей жидкости, а также периодическим испарением

подаваемой жидкости может использоваться для предупреждения самовозгорания угля, а также предотвращения рецидивов пожаров после их тушения.

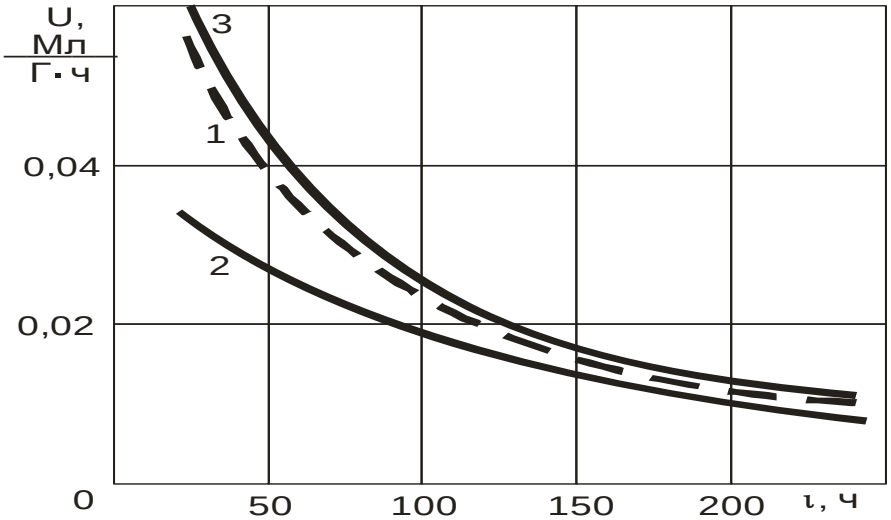


Рис. 2. Изменение скорости сорбции углем со временем:
1 - необработанный уголь; 2 – обработан азотом с частицами воды;
3 – обработан азотом

УДК 622.822

В.А. ПОРТОЛА, С.И. ПРОТАСОВ, Е.С. ТОРОСЯН
(КузГТУ, ЮТИ ТПУ)

БОРЬБА С САМОВОЗГОРАНИЕМ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Эндогенные пожары, возникающие в результате самовозгорания угля и углесодержащих пород, наносят огромный ущерб угледобывающим предприятиям, окружающей природной среде, а также угрожают здоровью и жизни людей. Несмотря на принимаемые меры по предотвращению этого вида аварий, очаги самовозгорания регулярно возникают в угольных шахтах, разрезах и отвалах, сформированных с использованием углесодержащих пород. Трудность борьбы с эндогенными пожарами обусловлена тем, что самовозгорание горючих материалов является сложным физико-химическим процессом, зависящим от множества факторов. Развитие процесса самовозгорания может происходить при возникновении трех обязательных условий:

1) наличие материала, способного окисляться кислородом воздуха при температуре окружающей среды. На угледобывающих предприятиях таким материалом прежде всего является уголь и углесодержащие породы, иногда

отходы древесины, промасленные ткани. Учитывая, что реакция окисления этих материалов является гетерогенной (происходящей на границе твердой и газовой фаз), существенное значение приобретает внутренняя поверхность этих материалов. Так у угля внутренняя поверхность пор, трещин, в которые может проникать кислород, составляет около 103 м2/кг.

2) постоянный приток кислорода к окисляющейся поверхности. В складированных на поверхности земли углесодержащих породах это условие выполняется благодаря движению атмосферного воздуха, создающего перепады давления газа на различных участках складированной массы, что обеспечивает перемещение кислорода вглубь скопления угля и пород.

3) количество тепла, образующееся в результате реакций окисления горючего вещества, должно превышать количество тепла, теряемое окисляющимся материалом в окружающее пространство. Основными механизмами переноса тепла от нагретых тел являются теплопроводность, конвекция и излучение. Поэтому более склонны к самовозгоранию скопления угля и углесодержащих пород с небольшими значениями коэффициента теплопроводности, через которые фильтруются потоки воздуха с оптимальной скоростью.

Для успешной борьбы с самовозгоранием угля и углесодержащих пород необходимо выявить качественное и количественное влияние основных факторов на процессы выделения тепла и его распределение в скоплении окисляющегося материала, а также потери в окружающую среду. Количество выделяющегося в процессе самовозгорания тепла пропорционально химической активности угля и углесодержащих пород, которая оценивается по скорости поглощения ими кислорода. Поэтому одним из наиболее эффективных способов предотвращения и ликвидации очагов самовозгорания является снижение химической активности угля путем обработки окисляющегося угля антипирогеном.

Существенное влияние на процесс самовозгорания оказывает начальная влага углесодержащего материала, а также подача жидкости в разрыхленное скопление. Так, вода активно поглощает выделяемое тепло, особенно на стадии выпаривания. Большое влияние на динамику температуры разогретого скопления оказывает скорость фильтрации воздуха через углесодержащий материал.

Выделение тепла в скоплении угля и углесодержащих пород происходит в результате процесса окисления горючего вещества кислородом воздуха. Поэтому химическая активность окисляющегося вещества по отношению к кислороду является важнейшей характеристикой, от величины которой зависит его склонность к самовозгоранию. Исследования показывают, что химическая активность углесодержащих пород по отношению к кислороду может меняться в широких пределах в зависимости от исходного состава и структуры угля, а также под действием внешней среды и специальной

обработки различными составами. Так, с увеличением степени метаморфизма содержащегося в отвале угля его химическая активность уменьшается. В то же время в пределах одной и той же степени метаморфизма угли могут существенно отличаться по химической активности, что, прежде всего, связано с его петрографической структурой. Угли с пористой структурой более активны, чем с плотной структурой.

По данным многолетних исследований химическая активность бурых углей освоенных месторождений России колеблется в пределах 0,080 – 0,160 см3/(г·ч). Для каменных углей характерны значения химической активности от 0,010 до 0,080 см3/(г·ч).

Одним из направлений предотвращения самовозгорания породных отвалов, содержащих уголь в достаточном количестве, является обработка антипирогенами, снижающими химическую активность угля. Для оценки влияния на химическую активность угля была проведена серия экспериментов, предусматривающая обработку пробы угля различными составами. С этой целью пробы угля предварительно обрабатывались потоком воздуха с частицами воды, а также пропитывались водными растворами антипирогенов, а затем помещались в сорбционный сосуд. В качестве антипирогенов использовались водные растворы жидкого стекла и сульфата аммония.

Для каждой пробы угля измерение химической активности производили через 24, 65, 148 и 252 часа. Заполнение сорбционного сосуда свежим воздухом осуществлялось каждые 24 часа. Опыты проводились при температуре 25о С. Одновременно, для оценки эффективности воздействия антипирогенов, исследовался необработанный уголь. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Проведенные исследования показали, что даже частицы воды, осевшие на поверхность угля после подачи воздуха с распыленной жидкостью, производят антипирогенное действие на уголь. Так, химическая активность не окисленного угля снизилась в 1,42 раза. Уменьшение сорбционной активности угля можно объяснить частичному закрытию поверхности угля от притока воздуха каплями осевшей жидкости. По мере окисления угля антипирогенный эффект обработки водой снижается.

Обработка угля растворами жидкого стекла и сульфата аммония привела к резкому снижению химической активности угля. Так, сорбционная способность угля по отношению к кислороду уменьшилась после обработки в 2,6 раза. Этот эффект может быть объяснен образованием пленки на поверхности угля. Кроме того, компоненты состава активно реагируют с радикалами на поверхности угля, предотвращая возможность возникновения цепных реакций, интенсифицирующих процесс окисления.

Таблица 1 - Изменение химической активности угля при обработке

Вид обработки угля	Удельная скорость сорбции, $см^3/(г·ч)$			
	Время от начала сорбции, ч			
	24	65	148	252
необработан	0,0563	0,0324	0,0175	0,0152
Обработан воздухом с частицами воды	0,0396	0,0263	0,0151	0,0138
Обработан раствором жидкого стекла	0,0216	0,0182	0,0123	0,0105
Обработан раствором сульфата аммония	0,0218	0,0164	0,0112	0,0087

Таким образом, проведенные исследования показали, что обработка угля антипирогенами, в частности, водными растворами жидкого стекла и сульфата аммония, существенно снижает химическую активность угля. Поэтому данные составы могут использоваться для предупреждения самовозгорания углесодержащих пород на отвалах. Эффективна также подача этих составов для охлаждения очагов эндогенных пожаров на породных отвалах, что позволяет предотвратить рецидивы процессов самовозгорания.

УДК 622.33:331.452

В.Г. ХАРИТОНОВ, к.т.н.
(ОАО Шахта «Заречная», г. Ленинск-Кузнецкий)
А.В. РЕМЕЗОВ, д.т.н.
(КузГТУ, Горный институт, г. Кемерово)
С.В. НОВОСЕЛОВ, к.э.н.
(ООО ИНП «Импульс», г. Кемерово)
С.А. ПАНИХИДНИКОВ, к.в.н.
(СПб. университет телекоммуникаций, г.Санкт-Петербург)

ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ШАХТО-СИСТЕМАМИ

Актуальность и значимость проектирования инновационных, многофункциональных углеперерабатывающих предприятий не вызывает сомнений, однако есть определенные сложности, которые обязательно

должны быть решены в процессе проектирования природоохранных мероприятий. Проектирование многофункциональных углеперерабатывающих предприятий требует соблюдения более емкого числа норм в области охраны окружающей среды при осуществлении ими хозяйственной деятельности, чем моношахта, т.к. эти требования определяются спецификой экологической безопасности функционирования предприятий отраслей составляющих это интеграционное образование.

Согласно законодательству, в области охраны окружающей среды предъявляются ряд основных требований, а именно:

Размещение, проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация и ликвидация зданий, строений, сооружений и иных объектов, оказывающих прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, осуществляются в соответствии с требованиями в области охраны окружающей среды. При этом должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности.

Нарушение требований в области охраны окружающей среды влечет за собой приостановление по решению суда размещения, проектирования, строительства, реконструкции, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, консервации и ликвидации зданий, строений, сооружений и иных объектов (пункт в редакции, введенной в действие с 12 августа 2005 года Федеральным законом от 9 мая 2005 года № 45-ФЗ).

Прекращение в полном объеме размещения, проектирования, строительства, реконструкции, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, консервации и ликвидации зданий, строений, сооружений и иных объектов при нарушении требований в области охраны окружающей среды осуществляется на основании решения суда и (или) арбитражного суда.

Ввиду того, что проект шахто-систем включает энергетические объекты, то по аналогии на него распространяются требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов энергетики , а именно:

Размещение, проектирование, строительство и эксплуатация объектов энергетики осуществляются в соответствии с требованиями статей 34-39 настоящего Федерального закона [1].

При проектировании и строительстве тепловых электростанций (в проектах шахто-систем определены – энергоблоки или миниТЭС) должны предусматриваться их оснащение высокоэффективными средствами очистки выбросов и сбросов загрязняющих веществ, использование

экологически безопасных видов топлива и безопасное размещение отходов производства.

Ввиду того, что шахто-системы включают производства газа и нефтехимии, то на них по аналогии распространятся требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов нефтегазодобывающих производств, объектов переработки, транспортировки, хранения и реализации нефти, газа и продуктов их переработки, согласно законау от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ, а именно:

Размещение, проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию и эксплуатация объектов нефтегазодобывающих производств, объектов переработки, транспортировки, хранения и реализации нефти, газа и продуктов их переработки должны осуществляться в соответствии с требованиями, установленными законодательством в области охраны окружающей среды.

При размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов нефтегазодобывающих производств, объектов переработки, транспортировки, хранения и реализации нефти, газа и продуктов их переработки должны предусматриваться эффективные меры по очистке и обезвреживанию отходов производства и сбора нефтяного (попутного) газа и минерализованной воды, рекультивации нарушенных и загрязненных земель, снижению негативного воздействия на окружающую среду, а также по возмещению вреда окружающей среде, причиненного в процессе строительства и эксплуатации указанных объектов.

Строительство и эксплуатация объектов нефтегазодобывающих производств, объектов переработки, транспортировки, хранения и реализации нефти, газа и продуктов их переработки допускаются при наличии проектов восстановления загрязненных земель в зонах временного и (или) постоянного использования земель, положительного заключения государственной экспертизы проектной документации (пункт в редакции, введенной в действие с 1 января 2007 года Федеральным законом от 18 декабря 2006 года № 232-ФЗ; в редакции, введенной в действие с 3 июля 2007 года Федеральным законом от 26 июня 2007 года № 118-ФЗ).

Резюмируя, можно отметить, что экологические экспертизы проектов при вводе опасных объектов, их экологический мониторинг при эксплуатации и прогноз при разработке перспективных планов шахто-систем позволит значительно снизить техногенную нагрузку на экологию региона.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.
2. Голик А. С., Новоселов С. В., Ремезов А. В., Зубарева В. А. / Проблемы метана и влияние разработки газоугольного месторождения Кузбасса на глобальное изменение климата. - Кемерово, 2009. – 294 с.

УДК 622.33:331.452

В.Г. ХАРИТОНОВ, к.т.н.
(ОАО «Шахта «Заречная», г. Ленинск-Кузнецкий)
А.В. РЕМЕЗОВ, д.т.н.
(КузГТУ, Горный институт, г. Кемерово)
С.В. НОВОСЕЛОВ, к.э.н.
(ООО ИНП «Импульс», г. Кемерово)
С.А. ПАНИХИДНИКОВ, к.в.н.
(СПб университет телекоммуникаций, г. Санкт-Петербург)

ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ШАХТО-СИСТЕМ

Проектирование многофункциональных шахто-систем в первую очередь это процесс взаимоувязки проектов вспомогательных и базовых элементов системы. Для формирования высокоэффективных и безопасных технологических систем, в условиях модернизации экономики, необходим учет разноаспектного спектра основ концепции государственной инновационной политики Российской Федерации, а также норм безопасности, энергосбережения и экологического законодательства, отраженных в документах [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Анализируя и синтезируя, вышеприведенные направления теоретических разработок, тенденции развития нормативной базы отраслей экономики РФ, и проецируя их на современную угольную промышленность России, авторы предлагают создание сопряженных многопродуктовых углетехнологий, а соответственно и многофункциональных систем безопасности на данных предприятиях. Предлагается подходить к созданию угольной шахты с позиций системного подхода и системной концепции повышения рентабельности угольных шахт. Тенденции ресурсосбережения должны внедряться в практику с момента зарождения идеи создания шахты, ее проектирования и до внедрения. Поэтому, необходимо в принципе изменить процесс

проектирования шахт в виде гомогенных[4] технологий – однопродуктовых, на проектирование гетерогенных[5] - разнородных технологий (многопродуктовых) использования угля в пределах проектируемого предприятия. Согласно ПБ на шахте должны быть разработаны и утверждены ее владельцем положения о системе управления охраной труда и промышленной безопасностью. Учитывая изменения, которые вносятся в правила безопасности в угольных шахтах, утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России от 5 июня 2003г. № 50, шахта должна быть оборудована комплексом систем и средств обеспечивающих решение задач организации и осуществления безопасного производства и информационной поддержки контроля и управления технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях – многофункциональной системой безопасности.

Многофункциональная система безопасности обеспечивает:

- предотвращения условий возникновения различных видов опасности геодинамического, аэрологического и технологического характера;
- оперативный контроль соответствия технологических процессов заданным параметрам;
- применение систем противопожарной защиты людей, оборудования и сооружений.

В состав многофункциональной системы безопасности входят автоматические, электрические, электронные и программные системы обеспечивающие:

а) аэрологическую защиту

б) контроль состояния горного массива и прогноз внезапных и горных ударов

в) противопожарную защиту

г) связь, оповещение и определение местоположение персонала.

Конкретный состав многофункциональной системы безопасности на различных этапах жизненного цикла шахты определяется проектом многофункциональной системы безопасности угольной шахты утвержденным пользователем недр при наличии положительного заключения экспертизы промышленной безопасности. Основные технические характеристики многофункциональных систем безопасности в угольных шахтах и входящих в ее состав систем должны соответствовать требованиям технических регламентов или национальных стандартов по промышленной безопасности.

---

[4] *гр. homogenes = однородный, Современный словарь иностранных слов.А.Н.Булыко.М.,С.203*

[5] *гр. heterogenes = разнородный. Современный словарь иностранных слов.А.Н.Булыко.М.,С.179*

В перспективе авторы предполагают, что для повышения качества процесса создания многофункциональных систем безопасности угольных шахт и повышения их надежности, необходимо формирование специальных центров экспертизы промышленной безопасности по их учету, мониторингу и оптимизации.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Концепция государственной инновационной политики Российской Федерации на 2002-2005 годы (Проект одобрен Правительственной комиссией по научно-инновационной политике 24 апреля 2002 г., протокол № 2).
3. Основные направления политики РФ в области развития инновационной системы на период до 2010 года, от 5 августа 2005 г. № 2473п - П7
4. Закон от 22 августа 2004г. № 122 «О науке и государственной научно-технической политике»
5. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года. Российская газета от 27 ноября 2009 № 226 (5050).
6. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (по состоянию на 15 февраля 2008 года). - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2008. – 47 с.

УДК 622.33

А. Н. СОЛОВИЦКИЙ, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО РИСКА ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Стабильность работы горного предприятия должна основываться на высокой технологичности добычи угля, для достижения которой необходимо управление риском проявления геодинамических явлений (ГДЯ) разрушительного характера при освоении месторождения. Необходимость такого управления подтверждает анализ экономического ущерба от происшедших в Кузбассе аварий на горных предприятиях (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Распределение экономического ущерба от происшедших в Кузбассе аварий [1]

Доля аварий	Экономический ущерб от объема годовой товарной продукции
70 %	0,4–3,0 %
25 %	Менее 50 %
5 %	Более 50 %

Для управления указанным риском автором предложены:

оценка возможного риска развития деформаций блоков земной коры [2];

зонирование блоков земной коры по степени опасности развития деформаций блоков земной коры [3].

Для оценки опасности развития деформаций блоков земной коры с проявлениями ГДЯ разрушительного характера нами предложено применить теорию риска аварий [2].

Оценка риска такого проявления включает экспертный анализ степени опасности О и степени уязвимости У, который количественно выражается коэффициентом риска Р [2]

$$P=OУ. \quad (1)$$

За основу количественной оценки риска принят широко известный подход [2] получения нормирующих коэффициентов, характеризующих долю от наиболее неблагоприятной ситуации, принимаемой за единицу. Для определения данных коэффициентов формируются интегральные коды по показателям опасности и уязвимости (табл. 2).

Таблица 2– Формат интегральных кодов

Коэффициент риска	
Степень опасности О	Степень уязвимости У
Интегральный код (показатели)	
АБВГ	ДКЛ
Код неблагоприятного сочетания показателей О=1 и У =1	
3334	333

Оценка степени возможного риска проявления ГДЯ разрушительного характера проведена для шахт «Коксовая» и «Красноярская» (табл. 3).

Эти шахты не только расположены в разных частях Кузбасса, но и запущены в эксплуатации соответственно до и после проведения реформирования угольной промышленности.

Отличительными особенностями предложенной методики являются:

- базирование на зонировании блоков земной коры по степени опасности развития деформаций, которое требует регулярных, комплексных, высокоточных, повторных наблюдений на ГДП;
- возможность управления степенью риска проявления ГДЯ разрушительного характера путем реализации профилактических мер по соответствующим показателям.

Таблица 3 – Оценка степени возможного риска проявления ГДЯ разрушительного характера для шахт «Коксовая» и «Красноярская»

Шахта «Коксовая»	
Интегральный код	О
2122	0,529
Интегральный код	У
133	0,666
Р	Степень риска проявления ГДЯ
0,35	Большая
Шахта «Красноярская»	
Интегральный код	О
1121	0,353
Интегральный код	У
111	0,333
Р	Степень риска проявления ГДЯ
0,12	Малая

Проведена оценка экономической целесообразности проведения зонирования блоков земной коры по степени опасности развития деформаций на основе регулярных, комплексных, высокоточных, повторных наблюдений на ГДП в районе освоения месторождения. Суть такой оценки заключается в следующем.

Для шахты со среднегодовой добычей угля 500 000 т и отпускной его цене в 2000 рублей возможный ущерб при 3 % уровне равен 30 млн рублей, а затраты на создание ГДП оцениваются в 5 млн рублей, что свидетельствует о целесообразности комплексного инструментального контроля как действия по предупреждению ГДЯ (более, чем в 6 раз).

Выполненные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- предупреждение проявлений ГДЯ на основе мониторинга развития деформаций блоков земной коры, с финансовой точки зрения, целесообразно;
- освоение недр на угольных шахтах и разрезах Кузбасса должно быть ориентировано на управление степенью риска проявления ГДЯ.

Для реализации указанного мониторинга разработана технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры.

Список литературы

1. Ковалев, В. А. Методология развития региональной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на угольных шахтах [Текст]: автореф. дисс. доктора техн. наук/ Учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр РАН. − М., 2009. − 38 с.
2. Соловицкий, А.Н. Оценка риска проявления геодинамических явлений при освоении месторождения [Текст] // ГЕО-СИБИРЬ-2010: Материалы Международного научного конгресса, 19−29 апреля 2010 г.− Новосибирск: СГГА, 2010. − С.32−36.
3. Соловицкий, А.Н Зонирование блочного массива горных пород месторождения – основа предупреждения развития природных и техногенных геодинамических процессов катастрофического характера [Текст] / А. Н. Соловицкий // Современные проблемы экологии и природопользования: теоретические и практические аспекты: Материалы Международной научно-практической конференции. − Кемерово, 2009. − С. 70−73.

УДК 622.4

М.В. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, доцент, канд. техн. наук,
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Совершенствование техники, технологии и рост газообильности шахт привели к тому, что нормативные требования по оценке метаноопасности добычных объектов (шахты в целом, горизонт, шахтопласт, крыло, выемочный участок, очистная выработка) на основе критерия относительной метанообильности стали давать не достоверные результаты.

Одним из главных факторов определяющих метаноопасность шахт является метанообильность. В связи с двойственным понятием газообильности одни исследователи отдают предпочтение газообильности относительной, а другие – абсолютной [1]. Не смотря на наличие разных точек зрения на газообильность «Правилами безопасности в угольных шахтах» нормируется газообильность относительная [2]. Дискуссия о том какую газообильность следует считать для оценки газоопасности шахт ведется с самого начала введения этих понятий, что видно из анализа литературы.

В результате исследований удалось внести определенную ясность в рассматриваемую проблему. Установлено, что абсолютная газообильность добычных объектов при увеличении добычи угля возрастает по логарифмической зависимости, а относительная газообильность с ростом добычи уменьшается по гиперболической зависимости с наличием точки пересечения кривых характеризующих эти зависимости.

Проведенные исследования подтвердили справедливость отмеченных закономерностей для шахт Кузбасса и позволили их развить и уточнить. В частности, установлено, что относительная газообильность в зависимости от интенсивности добычи угля изменяется по гиперболической закономерности n-го порядка, которая включает в себя гиперболу, при показателе степени $n = -1$, как частный случай полученного выражения.

Абсолютная газообильность в зависимости и от интенсивности добычи изменяется также по логарифмической закономерности, как и от общего объема добытого угля. Исследования позволили определить координаты точки пересечения абсолютной и относительной газообильности, т.е. найти оптимальную величину комплексной газообильности путем совместного решения уравнения. Величине комплексной оптимальной газообильности расположенной на оси ординат соответствует величина интенсивности добычи угля, расположенной на оси абсцесс.

Для определения величин комплексной оптимальной газообильности и интенсивности добычи угля проведены исследования по шахтам Кузбасса, Ленинск-Кузнецкого района, по отдельной шахте в целом, шахтопласту и очистному забою. Под оптимальным значением газообильности понимается равенство значений абсолютной и относительной газообильности в точке их пересечения, при определенной величине интенсивности и общей добыче угля.

Интенсивность добычи угля определяется одновременно относительной и абсолютной газообильностью. При этом каждая из них имеет свою скорость, характер изменения и только в комплексе они определяют интенсивность добычи угля. В связи с этим установлено, что абсолютная газообильность в зависимости от относительной по шахтам Кузбасса изменяется по степенной зависимости. Сравнение теоретической зависимости интенсивности добычи угля с экспериментальной показывает, что они действительно идентичны. Полученная зависимость позволяет определять интенсивность добычи угля при переменной относительной газообильности и постоянной абсолютной, учитываемой коэффициентами. В теоретическом и практическом отношении значительный интерес представляет зависимость интенсивности добычи угля от переменных значений обоих газообильностей, т.е. от комплексной газообильности.

Исследованиями определено, что относительная газообильность от абсолютной, по шахтам Кузбасса, так же изменяется по степенной зависимости. Полученная закономерность комплексной газообильности справедлива для изученных добычных объектов (шахты в целом, шахтопласта, крыла и очистного забоя).

В каждом угольном районе Кузбасса существует своя совокупность горно-геологических и горнотехнических факторов, которые определяют величину оптимальной газообильности. Значения ее для шахт Кузбасса находятся в диапазоне от 4,2 до 31,2 м3/мин (м3/т), при средней величине 20,8, т.е. разнятся в 7,5 раз. В то время, как соответствующая ей величина интенсивности добычи угля изменяется от 0,84 до 1,21 т/мин, т.е. всего в 1,4 раза. Проведенные исследования показывают, что с учетом оптимальной величины комплексной газообильности и интенсивности добычи угля можно научно-обоснованно прогнозировать деление шахт по степени их газоопасности.

Список литературы

1. 1. Ушаков, К. З. Аэрология горных предприятий : учебник, / К. З. Ушаков [и др.]. – М. : Недра, 1987. – 421 с.
2. Правила безопасности в угольных шахтах (инструкции). Утв. постан. Госгортехнадзора РФ №67 от 30.12.1994. – Самара. 1996. – 356 с.

УДК 502.3

С.В. ДУБИНИН, зав. сектором оценки риска аварий и предупреждения ЧС
А.С. КАЗАКОВ, ведущий инженер-гидротехник
(Новационная фирма "КУЗБАСС-НИИОГР")
С.П. БАХАЕВА, д.т.н., профессор
(КузГТУ, г. Кемерово)

ОБ ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ЗЕМЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ПРИ ОТСУТСТВИИ НАПОРНОГО ФРОНТА НА ДАМБУ НАКОПИТЕЛЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Исторически сложилось, что нельзя рассматривать какую-либо отрасль народного хозяйства без взаимосвязи с другими. Так в состав объектов, эксплуатируемых угольными предприятиями, входят гидротехнические сооружения (ГТС) различного назначения.

Одной из задач, решаемых посредством строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, является прием и

накопление, отходов, образующихся в результате обогащения каменного угля.

В подавляющем большинстве случаев размещение отходов обогащения осуществляется в накопители, образованные за счет строительства ограждающих дамб из грунтовых материалов. Практика эксплуатации и статистика аварий таких сооружений показывает, что они далеки от идеальных с точки зрения безопасности.

Наиболее тяжелыми последствиями характеризуются гидродинамические аварии, связанные с выходом из строя (разрушением) дамбы или ее части, и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопления обширных территорий.

На ряде сооружений непосредственный напор воды на ограждающую дамбу из-за намытого пляжа отсутствует, следовательно, гидродинамическая авария на данных объектах является событием маловероятным. Однако это не означает, что такие сооружения безопасны, т.к. на них могут произойти другие аварии, связанные, например, с испарением, возгоранием, пылением отходов или оползанием низового откоса из-за потери устойчивости и растеканием хвостов по прилегающей к накопителю территории нижнего бьефа.

В рамках декларирования безопасности гидротехнических сооружений гидроотвала отходов флотации филиала ОАО "Южный Кузбасс" – Управление по обогащению и переработке угля (ЦОФ "Сибирь"), хвостохранилища № 2 Абагурского филиала ОАО "Евразруда" и гидрозолоотвала котельной Казского филиала ООО "Шерегеш-Энерго" и др. сооружений при выполнении расчета вероятного вреда от аварии на данных объектах рассмотрены сценарии развития событий и их последствия, связанные с потерей устойчивости низового откоса ограждающей дамбы.

При оползании низового откоса дамбы хвостохранилища № 2 Абагурского филиала ОАО "Евразруда" и гидрозолоотвала котельной Казского филиала ООО "Шерегеш-Энерго" прогнозируется перекрытие оползшим грунтом водотока. В первом случае будет перекрыто русло нагорной канавы, истоком которой является р. Кондома, а во втором – русло реки Большой Каз. В этом случае произойдет подпор воды, подтопление прилегающей территории, при этом в водоток попадут взвешенные вещества в количествах, превышающих предельно-допустимые концентрации.

Величина ущерба земельным ресурсам в случае оползания низового откоса дамбы определяется величиной ущерба из-за платы за несанкционированное размещение на территории зоны возможного воздействия (в границах языка оползня) отходов пятого класса опасности – грунта тела дамбы.

Ущерб, нанесенный почвам из-за несанкционированного размещения на территории зоны возможного затопления (воздействия) отходов (***УЩ$_{ОТХ}$***) определяется согласно "Методике исчисления вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды" (утв. Приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238; зарег. в Минюсте РФ 07.09.2010 № 18364) по формуле:

$$УЩ_{отх} = \sum_{i=1}^{n}(M_i \times T_{отх}) \times К_{исх} \times К_{инд} \ ,$$

где УЩ$_{ОТХ}$ – размер вреда, руб.; M_i – масса отходов с одинаковым классом опасности, тонна; n – количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности в пределах одного участка, на котором выявлено несанкционированное размещение отходов производства и потребления; $К_{исх}$ – показатель в зависимости от категории земель и целевого назначения, на которой расположен загрязненный участок; $Т_{отх}$ – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, руб./тонна; $К_{инд}$ – коэффициент индексации нормативов платы за негативное воздействие на окружающую среду с 2010 года на год выполнения расчетов.

Согласно указанной Методике, плата за размещение у подошвы откоса одной тонны оползшего грунта (практически неопасные отходы), без учета повышающего коэффициента $К_{исх}$, составит 4440 рублей в ценах 2012 года.

Таким образом, ущерб окружающей природной среде, который в соответствии с законодательством Российской Федерации подлежит возмещению в полной мере, в случае аварии на ГТС от размещения грунта у подошвы низового откоса после стабилизации оползшего массива, даже без учета других социально-экономических последствий аварии ГТС, будет существенен (см. табл.) и позволит характеризовать аварию, связанную с оползанием низового откоса ограждающей дамбы, как чрезвычайную ситуацию.

Таблица - Результаты расчета ущерба земельным ресурсам (почвам)

Объект	M_i, тонн	$Т_{отх}$, руб./т	$К_{исх}$	УЩ$_{ОТХ}$, руб.
Гидроотвал отходов флотации ЦОФ "Сибирь"	28 500	4 440	1,0	126 540 000
Хвостохранилище № 2 Абагурского филиала ОАО "Евразруда"	19 527	4 440	1,0	86 699 880
Гидрозолоотвал котельной Казского филиала ООО "Шерегеш-Энерго"	1 955	4 440	1,0	8 680 200

Своевременная и многофакторная оценка возможных последствий в случае аварии ГТС позволит создавать в достаточном объеме финансовые и материальные резервы, предназначенные для ликвидации аварии.

УДК 622.411.33(511.32)

Е.Н. ФЕДОТОВ, студент.
(НИ ТГУ, г. Томск**)**

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ МЕТАНА НА ШАХТЕ ЛЮЧЖУАН, КОМПАНИЯ «SDIC XINJI ENERGY COMPANY LIMITED», ПРОВИНЦИЯ АНЬХОЙ, КНР

Шахта Лючжуан – это угольное предприятие, расположенное в Хуайнаньском угольном бассейне провинции Аньхой, Китай. Шахта принадлежит государственной компании «SDIC XINJI ENERGY COMPANY LIMITED» [1.С 6].

С 2007 г на предприятии осуществляется проект по извлечению метана. Объем добычи газа за период с 2007 г. по январь 2012 г. составил 24,7 м.^{3}/мин., но его утилизация не проводилась из-за низкой концентрации метана 7-10%, в связи с чем, весь добытый газ выбрасывался в атмосферу. Прежняя технология не позволяла повысить объем и концентрацию добываемого газа [1.С 6].

Из-за заинтересованности в повышении качества добываемого метана и обеспечении безопасности горных работ компанией, при поддержке партнерства «Метан на рынки» и Агентства по защите окружающей среды США, был разработан проект по улучшению технологии извлечения метана из угольных пластов (рис. 1).Реализация проекта началась в январе 2012 г. и продлится до декабря 2034 г [1.С 6].

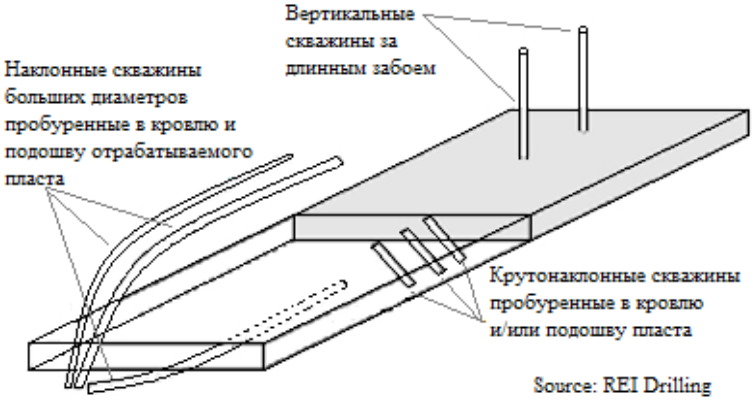
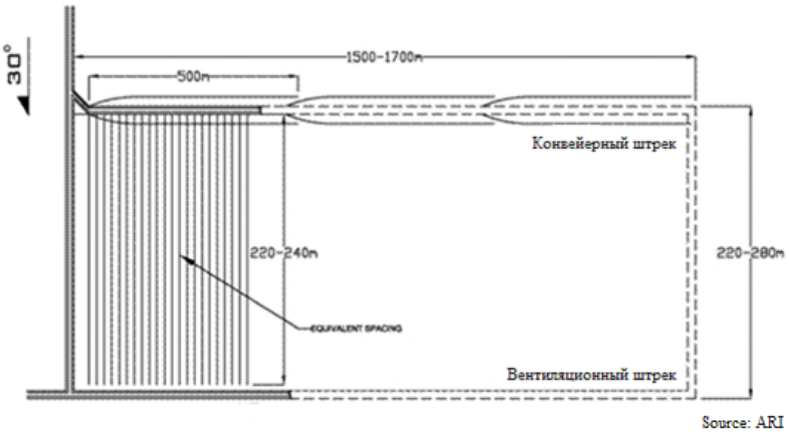


Рис. 1. Схема бурения скважин текущей дегазации на шахте Лючжуан.

Источник: Feasibility study for coal mine methane drainage and utilization Liuzhuang coal mine, Huainan coal field Anhui province, China, February 2010 (Исследование осуществимости добычи и утилизации метана на шахте Лючжуан, Хуайнаньского угольного бассейна провинции Аньхой, Китай, Февраль 2010.) URL: http://www. epa.govcmopdocsFinal_ Feasibility_ Study_Liuzhuang.pdf.

Проект, включает в себя два этапа. На первом этапе осуществляется бурение горизонтальных скважин протяженностью 225 м. Скважины бурятся в угольный пласт, перпендикулярно направлению движения лавы (рис. 2). Расстояние между скважинами 10 м. Данная технология позволяет значительно повысить объемы добычи газа и его концентрацию [1.С 144].



Рим. 2. Схема дегазации пласта параллельными скважинами

Источник: Feasibility study for coal mine methane drainage and utilization Liuzhuang coal mine, Huainan coal field Anhui province, China, February 2010 (Исследование осуществимости добычи и утилизации метана на шахте Лючжуан, Хуайнаньского угольного бассейна провинции Аньхой, Китай, Февраль 2010.) URL: http://www. epa.govcmopdocsFinal_ Feasibility_ Study_Liuzhuang.pdf

На втором этапе проводятся направленные горизонтальные скважины. Бурение осуществляется из конвейерного штрека или специально подготовленных для бурения галерей. Скважины проводятся над панелью, в перекрывающих породах, (рис. 3) и по подошве пласта, в подстилающих породах, в направлении очистного забоя [2.С 26].

В соответствии с технологией, скважины, проводимые над панелью, в перекрывающих породах находятся на высоте 30 – 45 м. от кровли пласта. Расстояние между параллельными ветвями скважин – 10 м. Средняя длина скважины 1000 м. Все скважины подключаются к

магистральному газодренажному трубопроводу, по которому газ подается на электростанцию.

Данная технология, позволяет за период реализации проекта 2012 - 2034 гг. довести объем добычи газа до 37,5 $м^3$/мин, с концентрацией метана в пределах 30-40% [1. С 148].

После добычи весь газ утилизируется на электростанции мощностью 12,25 МВт. За период функционирования проекта 2012 – 2034 гг., при утилизации добытого метана, будет произведено 2448 ГВт/ч. электроэнергии. Эффективность работы электростанции составляет 90% [3.С 9].

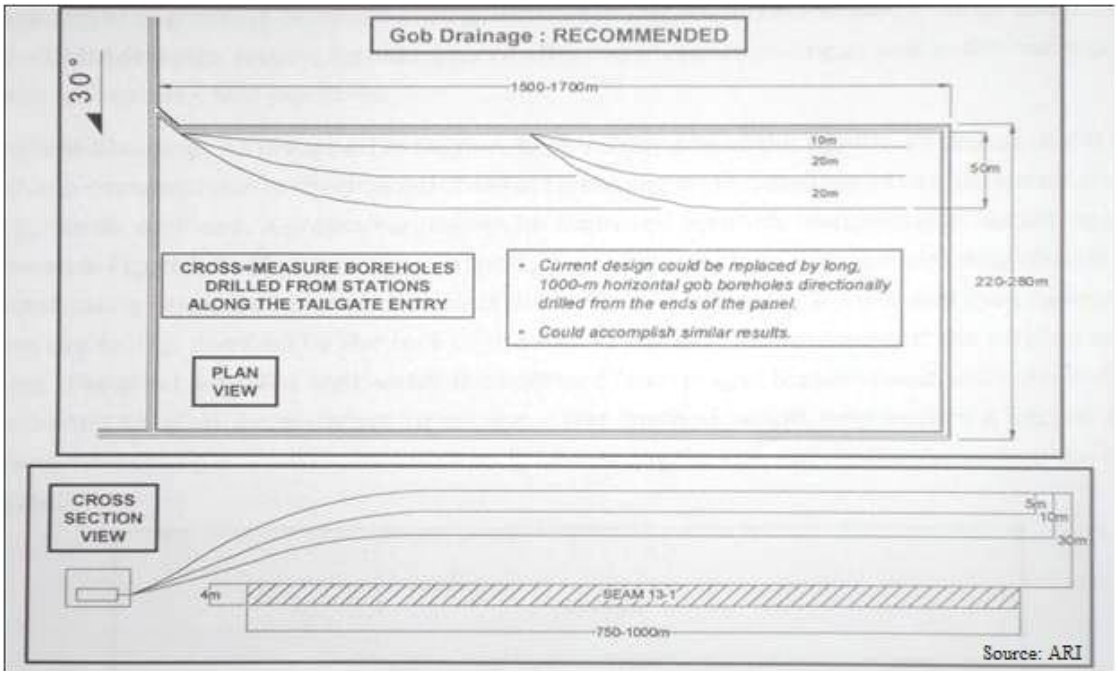


Рис. 3. Схема дегазации направленными горизонтальными скважинами, пробуренными в перекрывающих породах пласта.

Источник: Feasibility study for coal mine methane drainage and utilization Liuzhuang coal mine, Huainan coal field Anhui province, China, February 2010 (Исследование осуществимости добычи и утилизации метана на шахте Лючжуан, Хуайнаньского угольного бассейна провинции Аньхой, Китай, Февраль 2010.) URL: http://www. epa.govcmopdocsFinal_ Feasibility_ Study_Liuzhuang.pdf

Список литературы

1. Feasibility study for coal mine methane drainage and utilization Liuzhuang coal mine, Huainan coal field Anhui province, China, February 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www. epa.govcmopdocsFinal_Feasibility_Study_Liuzhuang.pdf, свободный. (дата обращения 26.09.2012).

2. Best Practice Guidance for Effective Methane Drainage and Use in Coal Mines, ECE ENERGY SERIES No.31, UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// www.unece.orgfileadminDAMenergysepdfscmmpubBestPractGuide_MethDrain_es31.pdf, свободный. (дата обращения 26.09.2012).

3. 煤矿瓦斯抽采和利用的可行性研究., 2010年2月[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.epa.govcmopdocsFeasibility_Study_Liuzhuang_cn., свободный. (дата обращения 26.09.2012).

УДК 622.35: 504.06

В.А. КОЛМАКОВ
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ (НПК) «СИБРЕСУРС»

В этом году исполняется 17 лет со времени начала функционирования НПК «Сибресурс» в Кемеровской области, которые стали традиционными.

Научно-практические конференции (НПК) являются важным средством обмена опытом специалистов, популяризации инноваций, общения, подготовки научных кадров и решения целого ряда других задач. Однако главной целью их проведения является выработка стратегии и методов реализации направления, которому они посвящены, для получения конечных, более эффективных результатов.

В ГУ КузГТУ НПК российского и международного уровня проводятся по нескольким направлениям. Среди них важное место занимают НПК по проблемам горного профиля: «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (ПИРС «Сибресурс»).

Следует сказать, что НПК ПИРС «Сибресурс» инициированы Сибирской академией наук высшей школы (САН ВШ) по основному виду народно-хозяйственной деятельности каждого из десяти субъектов федерации Западной и Восточной Сибири (области - Новосибирская, Томская, Омская, Кемеровская, Иркутская, Тюменская; края - Алтайский, Красноярский; Республики Саха (Якутия) и Бурятия. Причем в каждом субъекте выделено несколько основных направлений, учитывающих особенности региона. Так, в Кемеровской области выделено три направления тематик проведения НПК: «Химическое производство» (организатор от САН ВШ акад. Ю.А.Захаров), «Уголь и углепродукты» (акад. МАИ ВШ В.А.Колмаков), «Металлургия» (акад. МАН ВШ

Л.Т.Дворников). По каждому направлению в КемГУ, ГУ КузГТУ и СибГИУ по плану проводятся эти НПК практически через год.

Понимая важность НПК для региона, администрация области, КЦ МАН ВШ, ректорат ГУ КузГТУ и организаторы НПК привлекли к активному участию в них академии: РАЕН, МАН ВШ, АГН, РЭА, АЕН, СО РАН и др., зарубежные научные подразделения и работников производства.

В таблице приведены краткие данные по обоим видам НПК за годы их функционирования. Из таблицы видно, что по всем конференциям представлено, заслушано более 1000 докладов, отредактировано и выпущено 8 сборником научных трудов, объемом более 2800 страниц. В конференциях приняли участие более 8000 чел.

Год проведения	Число страниц в сборнике	Число докладов
1995	148	95
1997	204	66
1999	242	107
2001	308	129
2004	350	145
2006	400	176
2008	600	150
2010	636	160
Всего:	2888	1028

Конференции по «Сибресурс» включают три основные проблемы: добыча угля и экология, получение и использование углепродуктов и экономическая эффективность от разрабатываемых решений. Динамика количества докладов свидетельствует о тенденции роста числа докладов по двум последним секциям, хотя рост их незначительный. Причиной этому является низкая переориентация угольной отрасли на выпуск пол и продуктов из угля.

Наряду с безусловной топливно-энергетической значимостью, углеводородные ископаемые являются бесценным сырьем по производству различных продуктов, необходимых для жизнеобеспечения человека. Обладая развитой промышленностью, многие страны мира добывают уголь, например, как сырье для извлечения из него редких металлов, ценность которых намного превышает значимость упя.

Согласно достоверным прогнозным данным XIII Всемирного конгресса МИРЭК (1986г.), при современном уровне потребления

доказанных мировых запасов угля хватит на 430 лет, газа - на 50 лет, а нефти - всего на 35 лет. Аналогичная картина наблюдается и в Сибири, где сосредоточено более 80% запасов угля, 92% газа и 70% нефти России. Причем из 14 регионов Сибири уголь добывается в девяти, нефть - в шести, а газ - в трех. В Сибири нет ни одного региона, где бы ни добывался тот или иной вид углеводородного сырья, что свидетельствует о ее большом промышленно- хозяйственном потенциале. Поэтому ближайшая перспектива жизнеобеспечения человека в России требует реализации в комплексе целого ряда межгосударственных, государственных и региональных межотраслевых и отраслевых научно-технических программ (НТП): топливно-технологических, экологических, социально-экономических, товарно-рыночных и оптимизационно-прогнозных, которые позволяют решать многие конкретные проблемы.

Так, реализация топливно-технологических НТП требует прежде всего решения проблем топливно-энергетических, т.е. использования альтернативных традиционным энергетическим и тепловым источником. К ним относятся нетрадиционная нефть (битумы, битуминизированные породы («тяжелая нефть»), нетрадиционный природный газ (газовые гидраты, газы угольных месторождений и подземных вод), торф, природные источники энергии (гидро-, атомная, геотермальная, солнечная, ветровая, биосинтетическая, водородная) и другие».

Основной же резерв улучшения жизнеобеспечения человека заключается в решении технологических проблем, направленных на создание и использование нетрадиционных технологий получения полупродуктов. Например: из угля при сжигании производятся золы, газы и др.; при коксовании - коксовые газы, тепловая энергия и др.; при полукоксовании - смолы, подсмольные воды, газы, фенолы, парафины, смазочное масло, пек, бензин, жидкое топливо, ацетон, уксусная кислота, цианиды, сульфат аммония, аммиак и др.; при газификации - серная кислота, сера, смолы, сажа и др.; при экстрагировании - жиры, воск, смолы, копировальная бумага, грампластинки, смазка и др.; при переработке - удобрения, каменное литье, бетон, аглопирит, шлаковата, пемза, огнеупоры, керамика, алюминий, молибден, свинец, цинк, германий, еканий, стимуляторы роста, многие лекарства и другие углепродукты.

Решением проблем, связанных с добычей, переработкой, транспортом, экологией, экономикой, химией угля, нефти и газа в Сибирском регионе занимаются : соответствующие отрасли; академические, отраслевые, учебные, проектно-конструкторские институты, университеты и многие другие организации Алтая, Бурятии, Иркутска, Кемерово, Красноярска, Тувы, Хакасии, Новосибирска, Омска, Томска, Тюмени и Читы. Но факт того, что в настоящее время 98%

добываемого угля идет на тепловые и энергетические нужды и только 2% используется в качестве углепродуктов, свидетельствует о недостаточности принимаемых усилий.

В данном вопросе кроются большие экономические резервы. Например, в ряде стран значительную часть углей используют: для производства товаров народного потребления, лекарств, удобрений, газа, жидкого дорогостоящего топлива, смол, полимеров, радиотоваров, добычи из угля сопутствующих редких металлов и др.

В связи с переходом народного хозяйства страны к рыночным отношениям претерпела серьезные изменения концепция формирования научных программ (НП) по природным и интеллектуальным ресурсам Сибири (ПИРС), включая научно- техническую программу (НТП) по использованию угля и углепродуктов (УУП).

В течение долгих лет угольная отрасль была ориентирована на монопродуктивное развитие с сырьевой направленностью добычи угля, которое не является эффективным по сравнению с полипродуктовым направлением переработки угля в углепродукты.

Для коренного пересмотра сложившегося положения нужна иная концепция формирования НТП - УУП, базирующаяся на переориентации структуры топливно- энергетического баланса, целей, задач способов добычи, получения и результатов использования УУП.

В настоящее время в России более 75% добываемого угля используется как сырье на энергетику и топливо, а на технологические цели расходуется менее 25%.

При энергетическом использовании угля на электроэнергию и топливо применяют три основных способа: добычу подземную и поверхностную, обогащение и сжигание. В результате получают два основных первичных продукта: тепло, электроэнергию - и до десяти вторичных продуктов и отходов.

При технологической переработке угля в углепродукты применяют восемь основных способов: коксование, полукоксование, газификацию, гидрогенизацию, битумизацию, механическую переработку, химическое извлечение и комплексную безотходную технологию. В результате получают до 40 первичных, 70 вторичных продуктов и отходов. Однако технологическая переработка угля позволяет получать более 350 различных угпепродуктов, что свидетельствует о больших возможностях технологического использования угля.

С учетом рассмотренного разработана концепция НТП - УУП, которая заключается в комплексном решении НП: государственно-стратегических, определяющих направления получения и использования УУП; топливно-технологических, направленных на достижение эффективности и безопасности жизнедеятельности при добыче и

получении УУП; социально-экономических, направленных на решение проблем, связанных с добычей, получением, реализацией УУП и улучшением социальных условий трудящихся; товарно-рыночных, направленных на реализацию УУП на внешнем и внутреннем рынках с целью улучшения жизнеобеспечения; оптимизационно-прогнозных, направленных на оценку и корректировку целей и задач получения, использования, экономичности, безопасности и реализации УУГ1 по жизнеобеспечению населения.

Анализ состояния НТП - УУП показывает, что в настоящее время имеется большое число межрегиональных, отраслевых, региональных и местных программ, включающих десятки госбюджетных и хоздоговорных тем. Однако далеко не во всех случаях осуществляется главная цель: получение полезных попутных ископаемых, компонентов, примесей и углепродуктов из упгя для потребления и жизнеобеспечения человека.

Реализация решений НТП - УУП имеет следующие пути, сформулированные в решениях конференций:

- переориентирование государственно-стратегических целей на полипродуктивное направление использования УУП;
- изменение топливно-технологических процессов и соответствующий им социально-экономический и товарно-рыночной политики производства и реализации УУП для потребления и жизнеобеспечения человека;
- интегрирование научного потенциала региона путем создания при Администрации области «Совета общественных академий» (СОА): Высшей школы (МАН ВШ), Естественных наук (РАЕН), Горных наук (АГН), минеральных ресурсов (АМР), Инженерных наук (АИН), Социальных наук (АСН), Инженерной (АИ), Холода (АХ), Экологической (РАЭ) и других с целью разработки и экспертизы НП по использованию интеллектуальных и природных ресурсов для жизнеобеспечения человека;
- повышение качества подготовки специалистов путем введения в учебные планы и программы вузов и ССУЗов курсов по проблемам «Оптимизации преобразования природных ресурсов в продукты потребления и жизнеобеспечения человека;
- привлечение общественного внимания к решению проблем по преобразованию приходных ресурсов в продукты потребления и жизнеобеспечения.

Разработанная концепция НТП - УУП на основе рекомендованных путей используется при составлении и координации НП Советом по разработке полезных ископаемых Сибирского отделения МАН ВШ и

может быть полезной при составлении НП по другим направлениям ПИРС регионов.

Список литературы

1. Сборники научных трудов Российских и Международных научно-практических конференций: «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс)» - Кемерово, 1995, 1997, 1999, 2001, 2004, 2006, 2008, 2010 гг.

СЕКЦИЯ

ОБОГАЩЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 66.065.2, 54-41

К.В. ГУЦАЛ, ведущий инженер
(КузГТУ, г. Кемерово)
Е.Ю. ТЕМНИКОВА, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.Р. БОГОМОЛОВ, с.н.с., д.т.н.
(ИТ СО РАН, г. Новосибирск)

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭФИРОВ МАРКИ «ЛАПРОЛ» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Кузнецкий угольный бассейн является крупнейшим угледобывающим и углеперерабатывающим регионом России. На его долю приходится почти 57% добычи угля в стране (за 2008 - 2010 годы 550,8 млн. тонн угля, за 2011 г. – более 192 млн. тонн, за январь-август 2012 г. – порядка 128 млн. тонн). Более 50% добытого в Кемеровской области угля отправляется на экспорт. Очень важно рассматривать уголь в качестве главного энергетического потенциала 21 века, в связи с чем жизненно необходимо обеспечить стабильные поставки качественного угля на экономически выгодных условиях, а так же снижать вред, наносимый окружающей среде [3].

Существующие технологии угледобычи и их экономическая оптимизация приводят к снижению добычи чистого угля. Запасов высококачественного угля остается все меньше, вследствие чего на обогатительных фабриках совершенствуются технологии переработки добываемого угля, обогащения мелкого угля, и, соответственно, методы его флотации [1].

Важность изучения процессов флотации с целью их совершенствования для эффективного разделения на низкозольный продукт и породу обусловлена стремлением производителей к снижению затрат как на флотацию, так и на транспортные расходы. Важной задачей изучения флотационных процессов является разработка и внедрение новых флотореагентов. Флотореагенты подразделяются на три основных вида: собиратели, пенообразователи, модификаторы флотации [2]. Информации о применении полиэфиров марки «Лапрол» в качестве пенооообразователя (вспенивателя) нами в литературе обнаружено не было.

Целью данного исследования является изучение возможности использования полиэфиров марки «Лапрол» (в частности, лапролы марок ЭС564 и 502) для снижения поверхностного натяжения. Измерение поверхностного натяжения водных растворов лапролов марок ЭС564 и 502

проводились методом капиллярного поднятия. Расчеты производились с применением таблиц Сагдена [4].

В работе использовались три капилляра разных диаметров (в частности 0,528 мм, 0,741 мм и 0,764 мм). Измерения поверхностного натяжения проводились для дистиллированной воды и для водных растворов с массовой концентрацией лапролов 0,05%, 0,1% и 0,5%.

Для измерения внутренних диаметров капилляров и высоты поднятия столба жидкости в капилляре использовался катетометр В-630 (цена деления 0,02 мм). Для подготовки растворов использовались электронные весы с точностью измерения до 0,0001 г.

Подготовка внутренних поверхностей капилляров производилась по следующей методике: капилляр при помощи шприца промывался уайт-спиртом, затем дистиллированной водой. После этого в него закачивали хромовую смесь и выдерживали 5-6 часов. Затем, после удаления хромовой смеси, промывали этиловым спиртом, дистиллированной водой и выдерживали в течение 1 часа в сушильном шкафу при температуре 100°С.

Методика проведения измерений была апробирована на дистиллированной воде. Затем были сделаны предварительные измерения поверхностного натяжения водного раствора лапрола М-1000 с концентрацией 0,05%.

Согласно таблице 1 наиболее близкий к справочным данным для воды (□ =0,072 Н/м) результат получен на капилляре с наименьшим внутренним диаметром (0,528мм). Добавление лапрола М-100 (таблица 2) в концентрации 0,05% снизило □ почти в 2 раза, а добавление лапрола 502 (рис. 1), либо лапрола ЭС564 (рис. 2) – более чем в 3 раза, что доказывает эффективность использования лапролов для снижения поверхностного натяжения. Наиболее эффективным из рассмотренных полиэфиров является лапрол 502 (при наименьшей концентрации – 0,05% - наибольшее снижение поверхностного натяжения – до 0,02272 Н/м).

Таблица 1. Результаты измерения поверхностного натяжения воды

dк, мм	σ, Н/м
0,528	0,07194
0,741	0,07084
0,764	0,06429

Таблица 2. Результаты измерения поверхно стного натяжения водного раствора лапрола М-1000 с концентрацией 0,05%.

dк, мм	σ , Н/м
0,528	0,03788
0,741	0,04437
0,764	0,04459

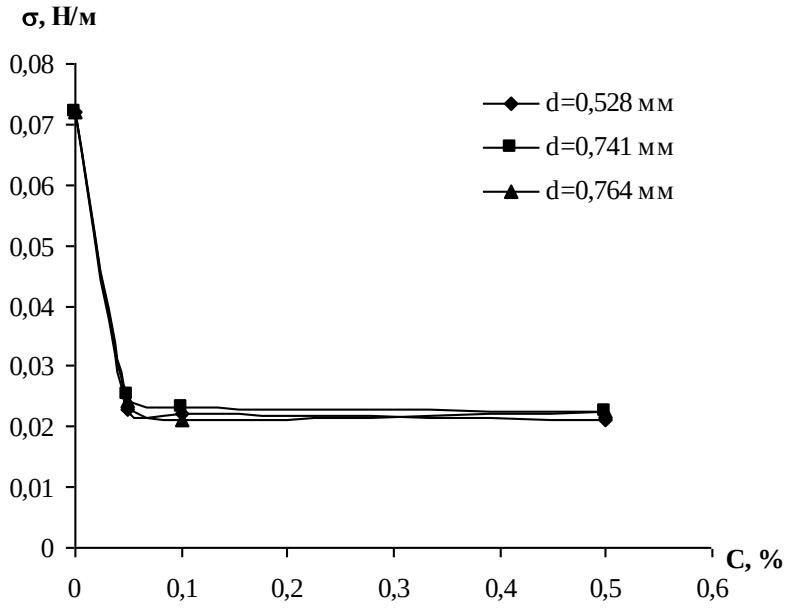


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации лапрола 502.

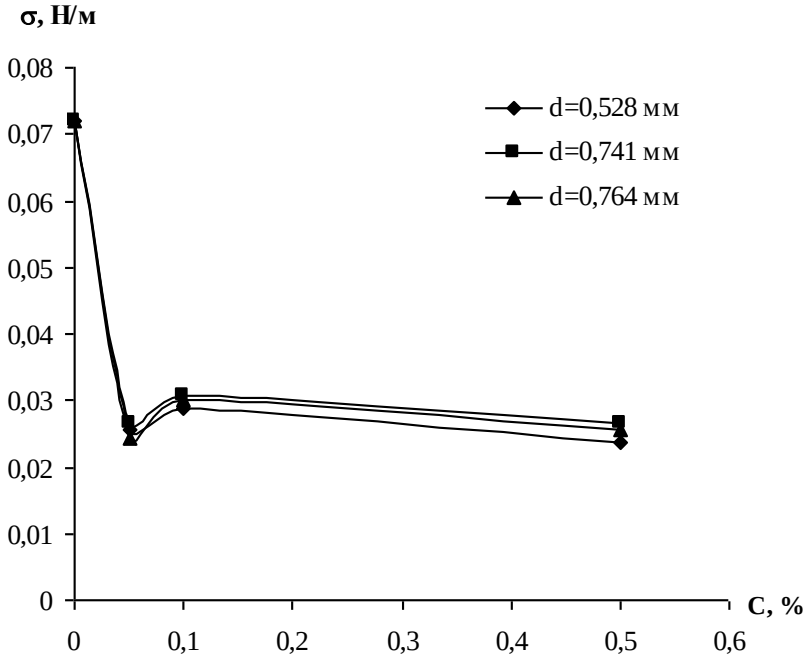


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации лапрола ЭС564.

Список литературы

1. Абрамов, А. А. Флотационные методы обогащения / А.А. Абрамов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, изд-во «Горная книга», «Мир горной книги». – 2008. – 710 с.
2. Богданов, О. С. Теория и технология флотации руд /О.С. Богданов, И.И. Максимов, А.К. Поднек, Н.А. Янис. – М.: Недра, 1990. – 363 с.
3. Антипенко Л. А. Технологические регламенты обогатительных фабрик Кузнецкого бассейна , Издание второе, переработанное и дополненное /Л.А. Антипенко. – Изд-во «Прокопьевское полиграфическое производственное объединение», 2007. – 463 с.
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон, перевод с английского И. Г. Абидора, под ред. З. М. Зорина, В. М. Муллера. – М.: Мир, 1979. – 568 с.

УДК 622.7:541.18.041.2

Г.Л. ЕВМЕНОВА, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ В УГЛЕОБОГАЩЕНИИ

В настоящее время на углеобогатительных фабриках Кузбасса для интенсификации процесса обезвоживания флотоконцентрата используют водные растворы высокомолекулярных флокулянтов различных зарубежных фирм. В промышленных условиях существующие методы растворения флокулянтов часто не обеспечивают получение растворов необходимого качества, что выражается в неоднородности этих растворов: флокулянты находятся в пульпе в виде геля или ассоциатов, что снижает эффективность их действия и увеличивает расходы дорогостоящих полимеров. Поэтому процессу приготовления рабочих растворов флокулянтов необходимо уделять особое внимание.

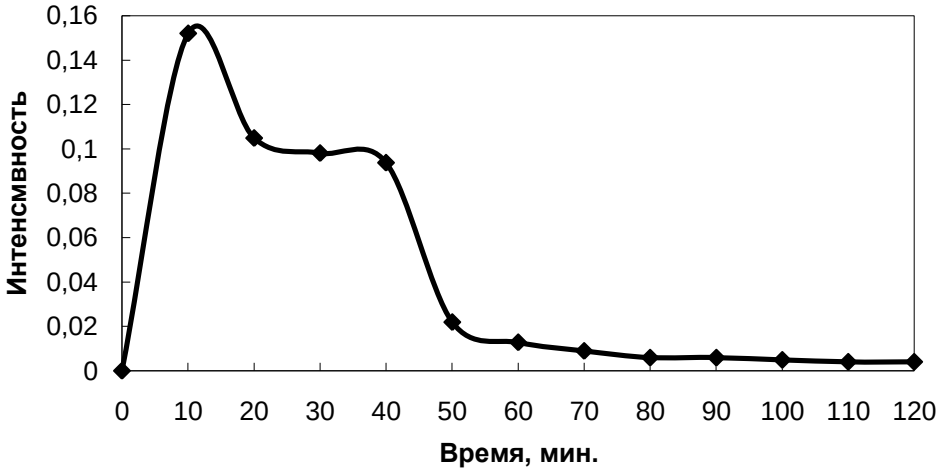
Растворение полимеров имеет специфические особенности, обусловленные огромной разницей в размерах молекул полимера и воды. К этим особенностям относится стадия, предшествующая растворению – набухание, характеризующаяся как процесс поглощения полимером низкомолекулярной жидкости, сопровождающейся увеличением массы, объема, изменением структуры высокомолекулярного вещества [1]. Механизм набухания заключается в диффузии молекул растворителя – воды, которые, насыщая поверхностный слой полимера, как бы раздвигают его цепи и переводят их в окружающий объем жидкости, а диффузия молекул воды продолжается вглубь клубка, который как бы

раскручивается. В этот момент растворы высокомолекулярных полимеров обладают значительной неоднородностью, которая выражается наличием областей с повышенной концентрацией и плотностью. Как правило, приготовление растворов флокулянтов чаще всего завершается в условиях производства на этом этапе. Но для водорастворимых полимеров характерно неограниченное набухание, т. е. набухание самопроизвольно переходящее в растворение. В результате диффузии макромолекулы равномерно распределяются по всему объему растворителя и в конце растворения образуют однофазную гомогенную систему. Очень важно определить продолжительность каждого этапа, т. е. набухания и непосредственно растворения. Поэтому целью данной работы было изучение процесса растворения водорастворимых полимеров для получения эффективно действующих растворов.

В работе использовались флокулянты как отечественного (полиэтиленоксид) так и зарубежного производства с различной молекулярной массой и ионной активностью на основе полиакриламида. Готовность растворов полимеров определяли по его неоднородности, которая в свою очередь оценивалась по изменению интенсивности рассеянного света при прохождении через раствор лазерного луча. Световой луч, попадая на границу «уплотненной» области преломляется и, изменяя направление, рассеивается. Чем больше областей неоднородности в единице объема раствора, тем чаще луч света сталкивается с границами повышенной плотности и тем сильнее он рассеивается. Если в луч не попадает ни одна неоднородность, то в этом случае рассеивание света минимальное. Постепенно, по мере набухания и диффузии вещества из областей повышенной концентрации в воду, неоднородностей в растворе будут становиться все меньше, а величина интенсивности рассеивания будет уменьшаться до определенного постоянного значения. Раствор становится гомогенным.

На рисунке в качестве примера приведена кривая кинетики растворения суперфлока А 150 в дистиллированной воде. Этот флокулянт применяется в настоящее время на ЦОФ «Кузнецкой» для интенсификации процесса обезвоживания флотоконцентрата.

При растворении флокулянта процесс смачивания частиц водой проходил очень энергично с выходом кривой на максимум через 10 минут. При этом в последующие 10 минут их смачивания водой происходил переход части низкомолекулярных фракций макромолекул полимера в объем раствора с одновременным набуханием высокомолекулярных фракций еще в течение 20 минут. Затем шло бурное диффундирование макромолекул флокудянта из геля в раствор с образованием гомогенного раствора. Общее время растворения этого флокулянта составило 60–70 минут.



Полученные экспериментальные данные позволили установить наличие основных этапов процесса растворения исследуемых флокулянтов и определить их продолжительность. Эти данные были полезными при промышленной реализации технологии получения однородного раствора. Применение гомогенных растворов обеспечивает интенсификацию процессов обезвоживания флотоконцентрата и снижает расход флокулянтов в 3–5 раз [2].

Список литературы

1. Евменова Г. Л., Байченко А. А. Повышение эффективности действия полимерных флокулянтов при агрегации угольных шламов. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2000.– №5.– С. 115–120.

2. Евменова Г. Л., Байченко А. А. Экологически чистая и ресурсосберегающая технология фильтрования угольных шламов Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во гос. горного ун-та.- 1995. – вып. 2. – С. 73–75 (Экологические проблемы горного производства, переработка и размещение отходов.: Сб. докл. конференц. Неделя горняка, 1–3 февраля 1995, Москва) Москва, 1995.– С. 131–136.

УДК 504.064.4: 622.7

Т.Е. ВАХОНИНА, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)
М.С. КЛЕЙН, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ШЛАМОВЫХ ВОД УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

На ряде углеобогатительных фабрик (УОФ) заметно обострилась проблема селективного извлечения мелких угольных частиц из шламовых вод и своевременного выведения их из технологического процесса. Решение этой проблемы необходимо для улучшения качества обороной воды и увеличения выпуска товарного продукта.

Единственный, широко применяемый при очистке шламовых вод флотационный метод обогащения, не всегда обеспечивает получение желаемых результатов, что связано с недостаточной эффективностью разделения тонких частиц при флотации, а также сложностью и высокой стоимостью обезвоживания флотационного концентрата. Проблема обогащения высокодисперсных угольно-глинистых суспензий обострилась на ряде фабрик, обогащающих коксующиеся угли, в связи с внедрением спиральных сепараторов для обогащения крупнозернистого шлама и резким снижением крупности угля и плотности пульпы, поступающей на флотацию.

Повысить эффективность очистки шламовых вод с высоким содержанием микрочастиц угля можно за счет избирательного объединения мельчайших угольных частиц в более крупные образования, которые значительно проще выделить в отдельную фракцию из минеральной суспензии. Известны различные способы укрупнения твердой фазы суспензии: селективная флокуляция флотационными реагентами и синтетическими полимерами, агрегирование шламов на минерале-носителе, флокулярная флотация, селективная коагуляция и др.

Одним из эффективных способов интенсификации процесса флотации является подготовка пульпы методом масляной аэроагломерации (МАА) угольных частиц, обеспечивающая снижение количества мельчайших частиц угля в шламовой воде (питании флотации) за счет гидрофобной агрегации их масляными реагентами. Для создания достаточной площади поверхности масло-вода без увеличения расхода масла и полного извлечения частиц угля в углемасляные аэроагрегаты методом МАА предусматривается введение в пульпу дополнительных центров агрегации мелких частиц в виде омасленных пузырьков воздуха. В

процессе МАА при интенсивном перемешивании пульпы на поверхности мелких омасленных пузырьков с высокой скоростью закрепляются частицы угля, образуя устойчивые углемасляные аэрокомплексы, которые легко отделяются от минеральной пульпы последующей флотацией [1].

Использование процесса МАА перед флотацией угольных шламов в схемах очистки шламовых вод УОФ позволило увеличить выпуск концентрата и производительность действующего оборудования, снизить потери угля и повысить эффективность обезвоживания флотоконцентрата.

Более широкому использованию процесса флотации в схемах обогащения углей препятствует высокая себестоимость процесса, которая связана с большим расходом реагентов-собирателей, годовое потребление которых на УОФ в Кузбассе составляет примерно 10 тысяч тонн. В качестве собирателей используют дорогостоящие, разнообразные по химическому составу, структуре и свойствам органические вещества с различной растворимостью в воде, такие как керосин, термогазойль и др. Снижение себестоимости процесса флотации возможно за счет сокращения расхода реагентов собирателей или использования новых, более дешевых реагентов. Возможность снижения стоимости реагентов возникает за счет включения в их состав вторичных нефтепродуктов, например отработанных минеральных масел.

Основная сложность при использовании масел связана с очень слабой их флотоактивностью. Минеральные масла представляют собой смеси высококипящих углеводородов (температура кипения 300-600 ^{o}C), получаемых перегонкой нефти. Минеральные масла в обычных условиях не применяются в качестве собирателей для флотации угля, так как обладают большой вязкостью, плохо диспергируются в пульпе и находятся в ней в виде крупных масляных капель с недостаточной поверхностью раздела масло-вода, что, естественно, снижает эффективность флотации угольных шламов.

Возможность использования минеральных масел в качестве реагентов собирателей появляется в том случае, если применять масла в смеси с керосино-газойлевыми фракциями переработки нефти (температура кипения 180-320 ^{o}C) в сочетании с технологией подготовки пульпы перед флотацией методом МАА. В этом случае снижается вязкость смеси углеводородов, а при интенсивном и длительном перемешивании пульпы с масляным реагентом в процессе МАА повышается дисперсность масляной эмульсии, увеличиваются адсорбция масла на угольной поверхности и омасленность частиц за счет передачи реагента с частицы на частицу. Все это способствует интенсификации процесса масляной агрегации угольных частиц и их последующей флотации.

Совместными исследованиями в лабораториях КузГТУ и ФГУП «ПО Прогресс» разработан новый комплексный реагент-собиратель для

флотации угольных шламов, представляющий собой компаундированную смесь, основными компонентами которой являются регенерированные нефтепродукты – минеральные масла; керосино-газойлевые фракции переработки нефти; активирующие добавки для увеличения флотоактивности реагента; присадки для понижения вязкости и температуры замерзания реагента [2].

В настоящее время новый комплексный реагент-собиратель успешно используется на восьми крупных УОФ Кузбасса. Применение комплексного собирателя позволило улучшить технологические показатели процесса флотации угольных шламов и снизить затраты на реагенты на 20-25 %.

Весьма перспективно использование в схемах очистки шламовых вод метода масляной агломерации (МА) мелкого угля, который достаточно известен в теории и практике углеобогащения и обычно используется как самостоятельный процесс. Однако широкому распространению МА, как метода переработки угольных шламов, препятствует высокий расход масляных связующих, который в десятки раз превосходит расход аполярных реагентов при флотации угля. Повышенный расход масла в процессе МА необходим для образования крупных углемасляных агрегатов, которые эффективней и полнее отделяются от минеральной пульпы на сите.

Возможность резкого сокращения расхода масляного реагента появляется в том случае, если разделение продуктов масляной агломерации осуществлять через слой более крупных частиц угля, находящихся на сите. В этом случае крупные частицы угля служат дренажным слоем, на который налипают мелкие угольные флоккулы, что предотвращает потерю их с подрешетным продуктом. В условиях обогатительной фабрики такую операцию можно осуществить путем подачи гранулированной суспензии на слой концентрата спиральных сепараторов, при обезвоживании последнего на высокочастотном вибрационном грохоте [3].

Рассмотренные способы интенсификации процессов очистки шламовых вод УОФ позволяют решить не только технологические и экономические вопросы обогащения угольных шламов, но и такие экологические проблемы, как охрана окружающей среды, ресурсосбережение, утилизация отработанных нефтепродуктов и др.

Список литературы

1. Клейн М.С. Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации угольных частиц / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. – Кемерово, 2012. – № 1. – С. 28-30.

2. Вахонина Т. Е. Использование отработанных моторных масел для флотации угольных шламов / Т. Е. Вахонина, М. С. Клейн, И. А. Горбунков // Вестник

Кузбасского гос. техн. ун-та. – Кемерово, 2009. – № 1. – С. 15 –17.

3. Клейн, М. С. Обогащение и обезвоживание тонких угольных шламов с использованием метода масляной грануляции / М. С. Клейн, А. А. Байченко, Е. В. Почевалова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГГУ, 2002. – № 4. – С. 237–239.

УДК 662.621.311.21

М.И. ОЛЬХОВСКИЙ
(г. Кемерово)

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА СТАНДАРТИЗОВАННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Принято считать, что энергетика, основанная на использовании угля (далее-углеэнергетика), в нынешней экономике заведомо неконкурентоспособна и неперспективна по сравнению не только с газовой генерацией, но даже такими, пока экзотическими видами, как например солнечная энергетика. При этом, весьма многочисленные сторонники подобной точки зрения говорят о высокой стоимости угольной генерации по причинам, начиная от дорогой транспортировки сырья, низкого КПД действующих блоков и до проблемы с использованием золошлаковых отходов. Также, практически всегда упоминается высокий уровень парниковых выбросов и «серый снег» возле многочисленных котельных.

К сожалению, на сегодняшний день эти факторы действительно имеют место, и это существенно снижает восприятие углеэнергетики в общественном сознании. Некоторые эксперты даже говорят об окончании эры угля, как энергетического топлива. Однако, если рассмотреть ситуацию с учётом задействования неиспользуемых на сегодняшний день резервов роста эффективности, контекст проблемы развития углеэнергетики кардинально меняется. Разработанные к настоящему времени инновационные технологии сжигания угля не только снижают воздействие негативных факторов, но и позволяют «на равных» конкурировать с другими видами топлива и сейчас, и в течение обозримого будущего.

Целью данного материала является представление читателю, и всем заинтересованным сторонам, одного из современных предложений - проекта производства стандартизованного угольного топлива. Прежде всего, определим суть термина: «стандартизованное угольное топливо» - это смесь углей, обладающая стабильными, с заданной степенью равномерности по всему контрактному объёму, качественными

показателями. При этом, должно обеспечиваться правило гарантированного выхода на устойчивый автотермический режим.

Теперь о предпосылках появления идеи. Общеизвестно, что все котлоагрегаты проектируются на использование топлива определённого качества, вплоть до использования марок угля только с конкретных месторождений. Это угли так называемого проектного качества. При подборе учитываются такие показатели, как например влажность, зольность, теплота сгорания, выход летучих веществ, содержание серы, химический состав золы и другие показатели. Однако, в условиях реальной ситуации выдержать качество в строго определённых рамках практически невозможно. Причины этого лежат в широком спектре производственных, логистических и коммерческих проблем начиная от забоев угледобывающих предприятий и вплоть непосредственно до топок.

В целом, это широко известная проблема. На практике применяются угли не только с отклонениями от заданных рамок, но и фактически непригодные к конкретной конструкции угли. В результате нарушается стабильность работы котлов и падает их производительность, не выдерживаются расчетные параметры пара и т.д.

Вместе с тем, наряду с технологическими, необходимо учитывать также и экономические показатели работы предприятия: снижение КПД, увеличивается удельный расход топлива на кВт/ч, увеличиваются потери тепла и расход топлива. Также, недожог органической массы безусловно ухудшает свойства шлаков, как сырья для строительных материалов. При этом, несмотря на технологические возможности до некоторой степени нивелировать связанные с колебаниями качества проблемы, например увеличить объём подаваемого воздуха, эти меры будут неоперативными и недостаточно эффективными. Если ставить задачу обеспечения максимально-эффективного течения физико-химических процессов в топке, то в идеальных условиях, для полного окисления 100% органической массы топлива, объём подаваемого воздуха должен соответствовать их содержанию в каждый конкретный момент времени. Данный проект рассматривается прежде всего, как средство достижения данного условия.

Кроме того, имеет место сложность и недостаточная прозрачность для обеих сторон, и поставщика, и покупателя, входного контроля качества, а следовательно - и расчёта скидок / надбавок за уголь. Особенно это актуально для муниципального ЖКХ.

Таким образом, вышеперечисленные проблемы собственно и снижают конкурентоспособность угля, и в части удобства доставки, использования, и по энергонасыщенности, и по экологичности, что в современном мире играет всё большую роль. На сегодняшний день, по этим показателям уголь проигрывает свои позиции основному конкуренту – природному

газу. В качестве меры для подъёма конкурентоспособности почти всегда высказывается только мнение о необходимости поднимать цены на газ. Однако, значительный рост его стоимости неприемлем как для населения, так и для потребителей среди субъектов экономики, а другое не изменит ситуацию. Совершенно необходимо обратить внимание на то, что существуют возможности для повышения экологической, эксплуатационной и коммерческой привлекательности угля. Так например, выбросы вредных веществ в воздух зависят не только от их содержания в угле, но также от работы системы очистки. Её можно настроить на максимальную эффективность – но только в строго заданных параметрах режима всего котлоагрегата, а они в свою очередь зависят от количества и стабильности качества поступающего топлива. Если количество управляемо, то оперативно регулировать качество возможности фактически нет: перемешивание грейферами или бульдозером, как способ усреднения, несостоятелен. Также будет важно принимать во внимание, что экономика углеэнергетики имеет один существенный плюс по сравнению с любой другой. Это имеющаяся в составе топлива балластная часть, которая после сжигания становится твёрдыми очаговыми остатками: золой и шлаком, и получать их необходимо в экологически и гигиенически безопасном состоянии.

По некоторым оценкам, только в Кузбассе, их ежегодно образуется не менее 3-х миллионов тонн, а применение находят максимум несколько десятков тысяч. По сути шлак - окускованный инертный строительный материал - сырьё для производства других материалов и в частности кирпичей. Сразу после улавливания золы уноса, кирпичи можно прессовать даже без связующего и глины, под небольшим давлением. Эту технологию разработали ещё двадцать лет назад на Троицкой ТЭЦ в Челябинской области. Тогда, стоимость кирпичей из золы была наполовину ниже обычных.

Другая область с поистине грандиозными перспективами – это силикатные микросферы. На современных крупных угольных электростанциях уголь сжигается в пылевидном состоянии. Как известно, в угле содержится значительное количество минеральных негорючих веществ: в основном это глина, а также кварц, карбонаты, сульфиты железа. При плавлении в топке, глина и кварц образуют алюмосиликатный расплав, который в газовом потоке дробится на мельчайшие капли. Внутри этих капель может оказаться газ и образовавшийся из воды пар, который при высоких температурах расширяется и, увеличиваясь в объеме, образует газовую полость. Так появляются полые силикатные шарики - микросферы. Как наполнитель для всё более широко применяющихся композиционных материалов они обладают широким перечнем достоинств: снижается не только стоимость

этих материалов, но и значительно увеличивается их прочность, улучшается электро-, тепло- и звукоизоляционные свойства. В программе развития углехимического кластера Кемеровской области связанные с ними исследования намечены по пяти направлениям применения. Однако, не менее производительным будет также инвестировать в более продуктивные способы их получения, ведь в естественных условиях доля микросфер в общей массе золы уноса составляет не более 3%, и это в лучшем случае. Также, существуют методы искусственного получения микросфер из других материалов, известно, что эти методы требуют строгого соблюдения условий рабочей среды. На сегодняшний день нет никаких оснований утверждать, что добиться увеличения выхода микросфер невозможно, а следовательно – здесь можно проводить исследования, вкладывать инвестиции, разрабатывать технологии. Микросферы в больших количествах, вместе с полученными в результате глубокой переработки угля связующими, позволяют в промышленных масштабах перейти к выпуску композиционных материалов-полуфабрикатов наподобие интенсивно развивающихся сейчас «препрегов». Это откроет экономике совершенно новые возможности.

Вот примерные горизонты, и естественные выгоды от использования стандартизованного угольного топлива. Безусловно, данный проект не панацея, в конечном счёте успех будет зависеть ещё и от организационных моментов. Однако, его обоснование лежит в области присущих углю, как сложному органоминеральному соединению особенностей термохимических превращений, которые происходят в процессе сжигания.

Ориентировочно, общую стоимость комплекса можно оценить в размере 3 - 3,5 миллиардов рублей. В эту цифру входит стоимость приёмо-отгрузочных железнодорожных путей, приёмный комплекс с 2-мя вагоноопрокидывателями, дробильно-сортировочное и усреднительное оборудование, обустройство территории склада и возведение ветрозащитных барьеров, пункт входного опробования и погрузочные бункера, а также диспетчерский пункт. Вышеперечисленные виды оборудования не нужно изобретать заново, их выпуск давно освоен и в нашей стране, и зарубежом. Причём иностранные производители не только выпускают широкий спектр профильной продукции, но также и выполняют проектные работы на основе опыта реализации предыдущих проектов в различных отраслях, и в том числе в углеэнергетике. Однако, при равных параметрах, приоритет нужно отдавать отечественному оборудованию, грамотно формулировать технические задания и доводить до необходимого уровня эффективности.

Едва ли не важнейшим фактором организации данного производства будет вопрос оперативного контроля качественных показателей поступающего угля в реальном времени – определение влажности и

зольности конкретной порции угля, проходящей под анализаторами по приёмному конвейеру от углеприёма в конкретный штабель. Предполагается создать методом компьютерного моделирования постоянно обновляющуюся базу данных, в которой будет храниться информация о качестве угля в каждой конкретной точке конкретного штабеля. Формирование выходного потока будет проводиться с учётом данных этой базы и накопленной статистики о соответствии расчётных данных - фактическим. Конечная цель – обеспечить постоянство основных параметров качества в каждый момент времени работы котла.

Необходимо отметить, что есть мнение, что указанные проблемы в принципе можно решить использованием обогащённого угля. Однако, во-первых – это означает привязку технологического режима конкретной электростанции к конкретному месторождению, что в условиях современной экономики может оказаться экономически неэффективным. Во-вторых, если принимать логику проекта, то обогащение означает недополученное количество золошлаковых материалов. Вместе с тем, в реальных условиях, для сглаживания больших колебаний будет полезным иметь штабель обогащённого угля. И в третьих - есть вероятность, что существует угольная смесь с такими показателями качества, которые на данном этапе развития техники и технологии позволяют получить максимальный экономический эффект. Определиться с параметрами и собственно с составом подобной смеси – таким будет одно из основных направлений работы проекта.

В той или иной форме, концепция стандартизованного угольного топлива известна уже как минимум несколько десятилетий, есть материалы двадцатилетней давности, и даже патенты на подобное топливо. Более того, именно такой принцип – путём смешивания углей различного состава и качества получать соответствующий требованиям контракта уголь - широко применяется в морских портах при отгрузке на экспорт, где приём и отгрузка идут через штабеля усреднительных складов. Фактически идея давно реализована, но без некоторых моментов, о которых уже говорилось выше. В заключении, учитывая проведённый анализ, будет оправданным сделать вывод, что мнение об отсталости и бесперспективности углеэнергетики ошибочно в принципе и является результатом недостаточной информированности или поверхностных оценок. Как и в любой сфере экономики, здесь необходимо прилагать усилия в поиске ранее неиспользованных, либо просто недоступных на прежних технологических этапах, возможностей для развития экономики Кузбасса и всей нашей страны. В этом ряду производство стандартизованного угольного топлива станет высокорентабельным проектом с большими перспективами масштабирования самого принципа усреднительного производства. В том числе и для обеспечения проектов

глубокой переработки угля сырьём, оптимального для технологических процессов качества. В целом, реализация проекта потребует решения задач не только узкоспециализированных, сконцентрированных на проекте, но также и широких междисциплинарных исследований. Поэтому проект имеет новизну тематики и открытость для молодых, талантливых и настойчивых исследователей.

УДК 621.311.22:622.7.002.68:662.654

Ю.А.СЕНЧУРОВА к.т.н., доцент
(филиал КузГТУ в г. Белово)

МОДЕЛЬ РАСПЫЛЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Эффективность сжигания водоугольного топлива (ВУТ) существенно зависит от качества распыления топлива. Поэтому актуальным представляется более полное раскрытие механизмов дробления и сжигания капель ВУТ.

Известно, что сжигание водоугольного топлива существенно отличается от аналогичного процесса при использовании пылевидного угля. При этом утверждается [1], что влияние марки угля и его зольности на температуру воспламенения и устойчивость горения несущественно. Однако результаты стендовых испытаний и опыт эксплуатации показывают, что при сжигании партий ВУТ, приготовленных из высокометаморфизованных углей и антрацитов, требуется более высокий первоначальный нагрев топочного пространства для инициирования процесса воспламенения топлива и дальнейшего его стабильного горения. Аналогичное явление зафиксировано и при использовании водоугольного топлива, приготовленного из высокозольных угольных шламов. Все это указывает на то, что механизм распыления и модели воспламенения и сжигания водоугольного топлива, предложенные Г.Н. Делягиным и другими авторами, требуют корректировки.

На наш взгляд, распыление водоугольного топлива сжатым воздухом или водяным паром осуществляется следующим образом. В форсунке при смешении ВУТ и распыляющего агента происходит дробление струи ВУТ за счет кинетической энергии последнего. Учитывая полидисперсность частиц угля в ВУТ, при распылении образуются как чисто угольные частицы («капли-частицы» крупнее 80-100 мкм), с которых за счет сил гидродинамического трения срывается жидкая пленка с наиболее тонкими частицами, так и водоугольные капли, состоящие из тонких частиц угля и жидкой фазы.

При выходе из сопла капли ВУТ подвергаются воздействию сил трения окружающей среды ($\psi\rho V_r^2$), которые стремятся их расплющить и раздробить. Напротив, силы поверхностного натяжения ($2\sigma / r_к$) стремятся придать каплям сферическую форму. Когда давление сил трения больше давления силы поверхностного натяжения, происходит дробление капель. Капли максимального размера получаются из равенства этих сил, т.е.

$$\psi\rho V_r^2 = \frac{2\sigma}{r_к}, \qquad (1)$$

откуда

$$r_к = \frac{2\sigma}{\psi\rho V_r^2}, \qquad (2)$$

где ψ, ρ – коэффициент сопротивления и плотность газовой среды, V_r – относительная скорость капли по отношению к газовой среде, σ – коэффициент поверхностного натяжения, $r_к$ – радиус капли.

Из формулы (2) видно, что диаметр капель ВУТ существенно зависит от поверхностного натяжения, плотности среды и относительной скорости движения капли.

На рисунке 1 показана зависимость диаметра распыленных капель ВУТ от скорости их движения при различных значениях поверхностного натяжения. Расчеты проводились для различных значений σ=0,040-0,060 кг/с^2, ψ = 0,2, ρ=1,29 кг/м^3.

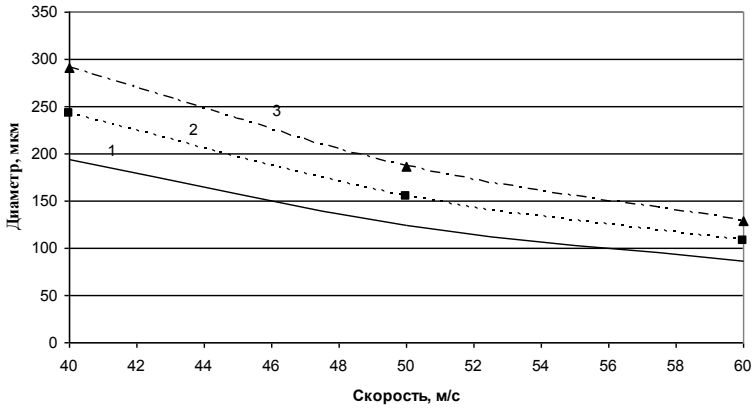


Рис. 1 – Зависимость диаметра распыленных капель от скорости их движения (Поверхностное натяжение, σ: 1 – 0,040; 2 – 0,050 ; 3 – 0,060 кг/с^2)

Как видно из рисунка 1, чем выше относительная скорость движения, тем меньше максимальный диаметр образующихся капель. При скорости вылета распыленных капель из сопла форсунки, равной 40-60 м/с, максимальный диаметр капель составляет от 100 до 300 мкм.

Для подтверждения полученных результатов были проведены экспериментальные исследования процесса распыления.

Распыление водоугольного топлива пневмомеханическими форсунками изучалось на специально созданном стенде. Испытательный стенд предназначен для «холодного» опробования форсунок, оценки качества распыла ВУТ и для определения параметров форсунок (расход и давление ВУТ, расход и давление сжатого воздуха, дисперсность и конфигурация факела распыла). Схема испытательного стенда включает в себя аккумулирующую емкость с ВУТ, фильтр, насос, компрессор, систему подачи сжатого воздуха, систему подающего и циркуляционного трубопроводов ВУТ, экран с поддоном, на который производилось распыление ВУТ, запорно-регулирующую арматуру, контрольно-измерительные приборы. Распыление ВУТ производилось на экран с поддоном. Конфигурация факела распыла определялась следующим образом: факел на определенном расстоянии от форсунки пересекался алюминиевой пластиной. По отпечатку на пластине определялось качество распыла.

Распыляемое водоугольное топливо имело следующие характеристики. Массовая доля твердой фазы – 57-60 %, вязкость при скорости сдвига 10 $с^{-1}$ – 600-800 мПа·с, крупность частиц – 0-300 мкм.

Для анализа результатов распыления ВУТ отпечатки распыла форсунки обрабатывались при помощи ЭВМ. В таблице 1 показано характерное распределение «капель-частиц» по размеру при распылении.

На рисунке 2 представлено характерное интегральное распределение капель ВУТ по размерам.

Таблица 1 – Характерное распределение «капель-частиц» по размерам при распылении

Размер «капель-частиц», мкм	Количество частиц угля в ВУТ, %	Количество «капель-частиц» при распыле, %
> 300	5	7
250…300	3,8	5
160…250	6,3	17
71…160	22,7	14
< 71	62,2	57

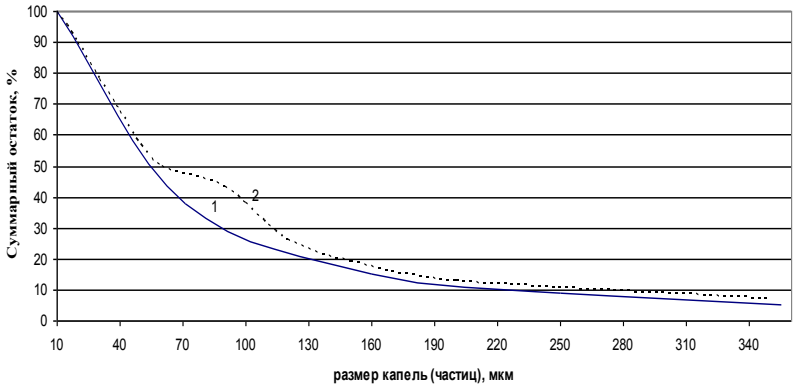


Рис. 2 – Характерное интегральное распределение «капель-частиц» и капель ВУТ при распыле: 1 – распределение «капель-частиц»; 2 – распределение капель ВУТ

Как видно из рисунка 2, интегральное распределение распыленных «капель-частиц» ВУТ по размерам характеризуется наличием «горба» в диапазоне от 70 до 120 мкм.

Увеличенное количество крупных капель в указанном диапазоне и выполненный анализ механизма дробления капель ВУТ при распылении указывают на то, что распыленные капли действительно состоят из двух качественно различных систем: первая система с крупными «каплями», диаметр которых больше 80-100 мкм, представлена в основном освободившимися от жидкой фазы угольными частицами, а вторая – с мелкими частицами, диаметр которых меньше 80-100 мкм, – водоугольными каплями.

Таким образом, механизмы воспламенения и сжигания полидисперсного потока капель ВУТ необходимо рассматривать с учетом законов тепломассообмена и химических реакций, происходящих в жидкоугольных каплях и обычных угольных частицах.

Таким образом, принимается, что процесс сжигания распыленных капель ВУТ представляет собой сочетание горения двух модельных систем: угольных частиц с диаметром $d_k > 80 \div 100$ мкм и водоугольных капель с диаметром $d_k \leq 80 \div 100$.

Список литературы

1. Зайденварг, В.Е. Производство и использование водоугольного топлива / В.Е. Зайденварг, К.Н. Трубецкой, В.И. Мурко, И.Х. Нехороший. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 159 с.

УДК 504.06:541.18:622.3

В.С. ФРОЛОВ, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.В. СИДОРОВ, гл.технолог
(ООО "Техносибэко")
Л.Н. МЕРКУШЕВА, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПРОБЛЕМЫ ПРАВИЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ И ДОЗИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ

В последние годы в Кузбассе интенсивно идет строительство новых углеобогатительных предприятий и реконструкция старых. Все эти фабрики имеют замкнутую водно-шламовую схему, исключающую наличие наружных отстойников. Это требует от предприятий правильной организации процессов сгущения и обезвоживания шламов (отходов флотации).

К сожалению, организации, осуществляющие проектирование и строительство новых углеобогатительных фабрик допускают серьезные ошибки и недочеты при проведении этих работ.

Какие наиболее распространенные ошибки при организации процессов приготовления и дозирования флокулянтов?

Процесс приготовления.

Объем установки приготовления. Его легко определить зная необходимое количество сухого флокулянта, которое необходимо приготовить в час. Здесь, как правило, ошибки допускаются следующим образом. Или неправильно рассчитывается расход флокулянта, или количество шламов. Что первое, что второе, приводит к тому, что уже через некоторое время после запуска фабрика вынуждена покупать новые установки по приготовлению флокулянта.

Следствием неправильного определения расхода флокулянта является и неправильный выбор производительности дозирующих насосов. В случае их недостаточной производительности, фабрике приходится устанавливать максимально допустимую концентрацию раствора флокулянта, а это часто отрицательно сказывается на эффективности работы флокулянта.

Выбор типа флокулянта.

В условиях постоянного ухудшения качества рядовых углей, наблюдающегося в последние годы, в исходном питании содержится значительное количество тонкодисперсных глинистых частиц. В этом случае, необходимо последовательное использование как анионного, так и

катионного флокулянтов в процессах сгущения и обезвоживания. Проектировщики, по непонятным причинам, зачастую ставят для сгущения только установку для анионного флокулянта, это приводит к тому, что фабрика вынуждена сначала ставить дополнительный насос-дозатор, а затем и покупать новую установку для приготовления катионного продукта.

Процессы сгущения шламов и обезвоживания шламов на ленточных фильтр-прессах отличаются по требованиям к работе флокулянта и поэтому важно предусмотреть возможность подачи разных типов анионного флокулянта на разные процессы. Для этого необходимо предусмотреть возможность поставки дополнительной установки по приготовлению. Это приведет к более эффективному использованию полимеров.

Точки подачи.

Правильная подача полимеров в технологический процесс, значительно увеличивает эффективность работы флокулянта. Какие необходимые условия должны выполнять проектировщики? Необходимо предусмотреть возможность изменения очередности подачи анионного и катионного флокулянта на процессе сгущения. Это важно, так как на разных углях флокулянты работают по-разному. Нужно предусмотреть возможность изменения точек подачи и по расстоянию от загрузки в радиальный сгуститель, и подачи на ленточный фильтр-пресс. Это необходимо, так как постоянно меняются характеристики рядовых углей. Подача флокулянта должна осуществляться в точках наибольшей турбулентности, что приведет к интенсивному распределению флокулянта в пульпе. Если нет необходимой турбулентности, ее нужно создать с помощью применения статических смесителей.

Для правильной организации процесса использования флокулянтов необходимы консультации со специалистами в вопросах сгущения и обезвоживания.

При соблюдении всех вышеуказанных условий, углеобогатительным предприятиям будет значительно проще добиться плановой производительности фильтр-прессовых отделений в короткие сроки.

СЕКЦИЯ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 656.223

Т.К. БАЛГАБЕКОВ, профессор, канд. техн. наук
(КарГТУ, г. Караганда)
Н.А. ДАНИЯРОВ, профессор, докт. техн. наук
(КарГТУ, г. Караганда)
Г.С. СМАИЛОВА, магистрант
(КарГТУ, г. Караганда)

К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В ГОРНОРУДНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Растущий мировой спрос на металлы и рост цен на них - хороший импульс для развития горнорудной и металлургической отраслей промышленности Казахстана, который, по данным "Gtai", занимает 11-е место среди 170 стран по общим запасам редких, цветных и черных металлов. В азиатском регионе только Китай и Россия обладают более высоким потенциалом в рассматриваемых отраслях [1,2].

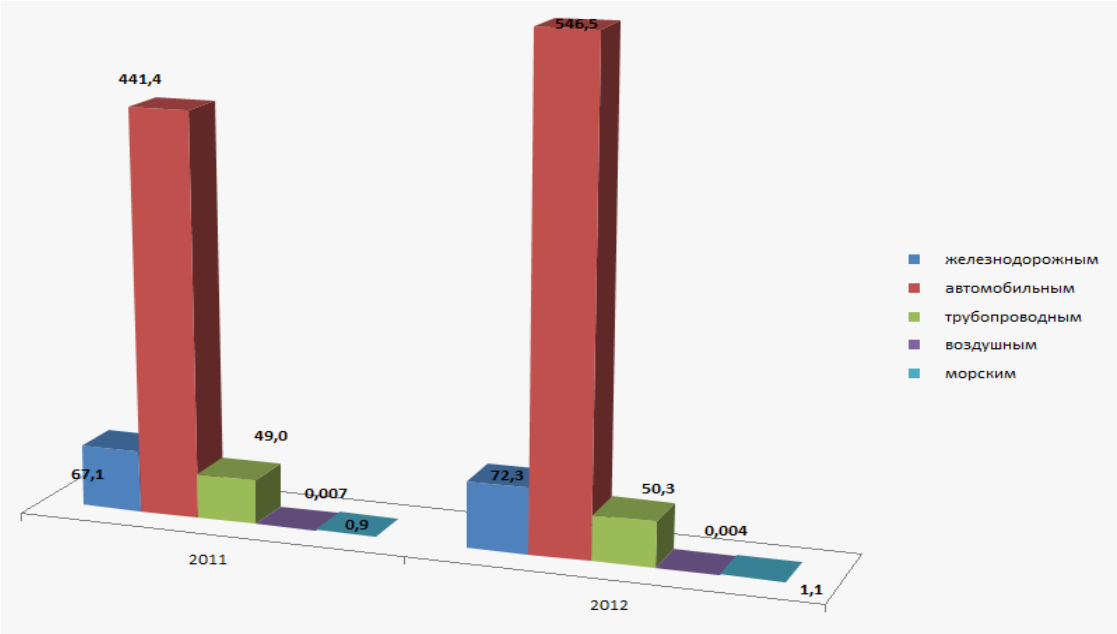


Рис. 1 - Перевозка грузов всеми видами транспорта (млн. тонн)

Согласно правительственным документам [2], республика, входящая в состав СНГ, планирует расширение сотрудничества с зарубежными странами, направленного на развитие национального производства. При этом приоритетным направлением является выпуск готового проката и

металлопродукции для машиностроения и строительной отрасли. В перспективе в данных отраслях должен быть реализован потенциал использования сопутствующих элементов, в частности рения, осмия, скандия, индия и галлия, имеющих высокую рыночную цену. Однако в настоящее время в инвестиционных проектах реализуется лишь низкая степень переработки руд и выпуск готовой металлопродукции с низкой добавленной стоимостью.

Календарный план завоза груза в вагонах рассчитывают таким образом, чтобы обеспечивалось максимальное формирование «прямых» вагонов и сокращался процесс накопления вагонов.

Эффективность (в сутки), полученную в результате внедрения календарного планирования, можно определить следующим образом:

$$Э = \left(T_{нак} - T'_{нак}\right)N_м^c c_к + \left(n'_{пр} - n_{пр}\right)c_{пр} + \left(N'_{пр} - N_{пр}\right)\left(c_{погр} - c'_{погр}\right) - C_T \frac{30}{2K_{гр}} Q_{гр}, \qquad (1)$$

где $T_{нак}, T'_{нак}$ – накопление до календарного планирования и при введении календарного планирования, вагоно-ч;

$N_м^c$ – число местных вагонов;

$n_{пр}, n'_{пр}$ – число прямых вагонов до введения календарного планирования и при условии его применения;

$N_{пр}, N'_{пр}$ – число вагонов, погруженных по прямому варианту до применения календарного планирования и после его внедрения;

$c_к$ – стоимость 1 вагоно-ч;

$c_{пр}$ – экономия за счет уменьшения сортировки одного вагона в пути следования, тенге;

$c_{погр}, c'_{погр}$ – себестоимость погрузочно-разгрузочных работ до применения календарного планирования и после его внедрения, тенге;

$Q_{гр}$ – количество груза, предназначенного к отправлению в течение месяца;

C_T – средняя стоимость 1 т грузовой массы.

$$\frac{C_T \cdot 30}{2 \cdot K_i} \le Э; \quad K_i \ge \frac{C_T \cdot 30}{2\sum Э}. \qquad (2)$$

Формула (2) даст возможность проверить правильность выбранной периодичности завоза вагонов на грузовой пункт. Для равномерного объема

$$p_i = \frac{N_i^{mp}}{30}; \quad \frac{Q}{30} = \sum_{i=1}^{p} \frac{q}{K_i}.$$

Приведенная методика обеспечивает выбор оптимального варианта календарного плана.

В общем случае задача формулируется следующим образом: требуется обеспечить погрузку максимального количества грузов в поданные вагоны.

Математически это записывается так:

$$R = \max_{yij} \sum_i \sum_j Y_{ij} P_{ij}; \quad i = 1,2,3,...,n; \quad j = 1,2,3,...,m. \tag{3}$$

$$\left.\begin{aligned} &Y_{ij} \geq 0 \\ &\sum Y_{ij} P_{ij} \leq Q_j \\ &\sum Y_{ij} = N_i \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

здесь Y_{ij} – искомое количество вагонов типа i, которое целесообразно подать под погрузку j-го рода груза;

P_{ij} – статическая нагрузка вагонов типа i при погрузке в них j-го рода груза;

Q_j – количество j-го рода груза, подлежащего погрузке в вагоны;

N_i – общее наличие вагонов i-го типа, в которые можно погрузить грузы.

Планирование составоообразования и отправления поездов должно быть комплексным в пределах полигона, определяемого с учетом реальной глубины прогноза вагонопотоков по назначениям.

Для своевременной доставки грузов в условиях колебаний вагоно- и грузопотоков нужно обеспечить необходимую гибкость сочетания включаемых групп в формируемые поезда. Вовремя отправлять поезда с указанными группами позволяет применение гибких норм веса и длины поездов, устанавливаемых в экономических обоснованных пределах для разных родов и назначений грузовых поездов.

Число подач на грузовые, грузосортировочные и сортировочные пункты устанавливают по критерию «приведенные расходы» с учетом имеющихся ограничений по длине грузового фронта и производительности маневровых локомотивов.

Список литературы

1. Балгабеков Т.К. Научное обоснование технологического цикла вагонопотоков на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте: монография.- Караганда.: КарГТУ, 2012.-183с.
2. Агентство статистики Республики Казахстан.

УДК 621.785

И.А. БАСАЛАЙ, доцент, канд. техн. наук
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)
Н.И. УРБАНОВИЧ, доцент, канд. техн. наук
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ ХРОМА

Разрушение металлов и сплавов в воздушных средах с физико-химическими параметрами, присущими реальной атмосфере, т.е. атмосферная коррозия, является одной из наиболее распространенных причин выхода из строя металлических конструкций, эксплуатируемых в природных средах: горно-шахтного и обогатительного оборудования, наземных и гидротехнических сооружений, деталей машин и механизмов, технологической оснастки. Актуальность проблемы экологической безопасности и необходимости экономного использования сталей не вызывает сомнений. На разрабатываемых месторождениях проблема защиты горного и обогатительного оборудования от коррозии, в частности атмосферной коррозии, стоит достаточно остро.

Представления о механизме и кинетики атмосферной коррозии основываются на современных знаниях в области поверхностных явлений на металлах, а также технической климатологии. На скорость атмосферной коррозии оказывает влияние большое количество факторов - степень загрязнения воздуха, влажность, условия эксплуатации изделий.

Более 90% конструкционных материалов, используемых в отрасли, составляют углеродистые стали. Скорость их коррозии в этих условиях в отдельных случаях составляет 3-5 мм/год, поэтому повышение их стойкости в условиях атмосферной коррозии является острой необходимостью. Повышение надежности машин горношахтного производства решается за счет применения легированных сталей с соответствующей термической обработкой, применения специальных коррозионностойких материалов, но в условиях всемирных тенденций к ресурсо- и энергосбережению использование дорогостоящих импортируемых легированных сталей или периодическая замена

пришедших в негодность элементов конструкций и механизмов не рациональны.

Коррозионное разрушение деталей оборудования, конструкций и инструмента начинается с поверхности, поэтому именно к поверхностным слоям относятся вышеперечисленные требования. В связи с этим все большее внимание уделяется методам поверхностного упрочнения. Одним из основных методов поверхностного легирования является термодиффузионная обработка в порошковых насыщающих средах.

В работе рассматривается коррозионная стойкость углеродистых сталей с термодиффузионными покрытиями на основе хрома. Известно [1], что хромирование стали позволяет повысить коррозионную стойкость в большинстве промышленных атмосфер. Коррозионную стойкость хромовых покрытий возможно повысить их легированием некоторыми металлами. Покрытия на углеродистых сталях 20 и 45 получали с применением алюмотермических порошковых сред при 1000°С в течение 4 ч.

Образцы с полученными покрытиями испытывали на коррозионную стойкость в камере солевого тумана. Этот метод ускоренных испытаний широко применяется для оценки работоспособности металлов и покрытий в условиях атмосферной коррозии. Испытания проводили при температуре 20°С, относительной влажности 95% в течение 500 ч. Трехпроцентный раствор NaCl впрыскивали в камеру один раз в сутки в течение 5 мин. Относительную влажность 95% создавали с помощью 22%-го водного раствора глицерина [2]. После извлечения из камеры солевого тумана образцы очищали от продуктов коррозии, промывали проточной водой, сушили в сушильном шкафу и взвешивали через каждые 100 ч испытаний. Оценивали коррозионную стойкость по изменению массы за время испытания, отнесенное к единице площади поверхности образца (таблица).

Таблица - Коррозионная стойкость сталей с диффузионными покрытиями на основе хрома

Вид покрытия	Толщина слоя, мкм		Потеря массы , г/м^2	
	Сталь 45	Сталь 20	Сталь 45	Сталь 20
Cr	200	220	2,2	3,4
Cr-Al	180	210	1,8	2,4
Cr-Si	180	230	10,0	15,3
Cr-Ni	110	140	2,6	2,7
Cr-Al-Si	120	130	4,4	5,7
Cr-Al-Ni	110	90	1,7	1,9
Без покрытия			21,0	39,2

Проведенные исследования показали, что максимальной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях имеют образцы, полученные после диффузионного насыщения в порошковых смесях на основе систем хром-алюминий и хром-алюминий-никель.

Исследования кинетики коррозионного разрушения показали, что легирующие добавки характера разрушения практически не изменяют, а скорость коррозии по сравнению с нелегированным покрытием несколько снижается во времени за счет образования на поверхности защитной пленки из продуктов коррозии.

Условия получения покрытия на основе системы хром-алюминий-никель были оптимизированы с помощью метода математического планирования. В качестве факторов, влияющих на коррозионную стойкость, выбраны: температура насыщения,°С; содержание в смеси оксида хрома, оксида алюминия, оксида никеля и активатора, %; время насыщения, ч. Параметром оптимизации являлась потеря массы образца (г/м^2) после 500 ч испытаний в камере солевого тумана. В результате оптимизации установлено, что к повышению стойкости в условиях атмосферной коррозии приводит увеличение температуры и времени насыщения, а также увеличение содержания в насыщающей смеси оксида хрома, что в свою очередь приводит к возрастанию толщины формируемых диффузионных слоев.

Результаты фазового анализа полученных слоев на стали 45 показывают, что в результате оптимизации условий насыщения для достижения максимальной коррозионной стойкости структура слоя претерпевает изменения. Полностью исчезает карбид Me_3C_2, увеличивается интенсивность линий карбида Me_6C.

В результате насыщения поверхности исследуемых сталей 45 и 20 в смесях оптимизированных составов формируются качественные, практически без дефектов диффузионные слои, обладающие высокой коррозионной стойкостью в условиях атмосферной коррозии. Кинетика их коррозионного разрушения показана на рисунке.

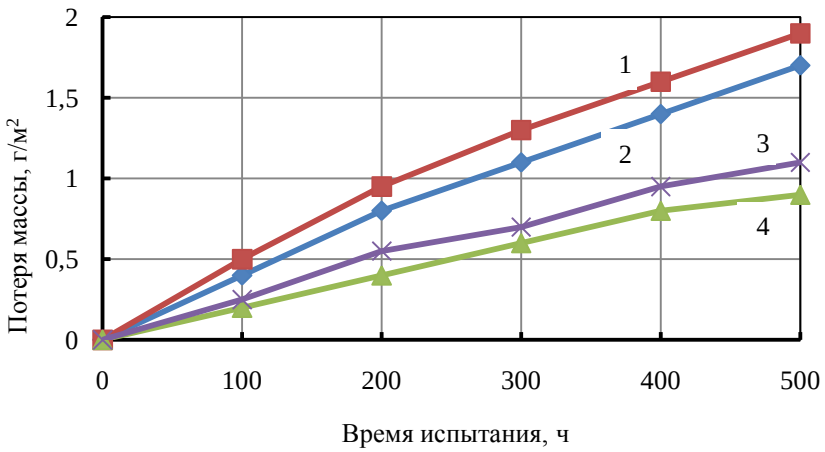


Рисунок – Кинетика коррозионного разрушения диффузионных слоев на стали 20 (1,3) и стали 45 (2,4) до оптимизации (1,2) и после (3,4)

Внешний осмотр покрытий после 500 часов коррозионных испытаний показал, что на традиционных покрытиях продукты коррозии наблюдаются на 50% поверхности, а на покрытиях, полученных из смесей оптимизированных составов и режимов насыщения – на 10-15%, что также хорошо согласуется с гравиметрическими исследованиями кинетики коррозионного разрушения.

Список литературы

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. / Под ред. Л.С.Ляховича - М.: Металлургия, 1981. - 424 с.
2. Розенфельд И.Л. Ускоренные методы коррозионных испытаний металлов / И.Л.Розенфельд, К.А. Жигалова.- М.:Металлургия, 1999.-347 с.

УДК 656.223

Т.К. БАЛГАБЕКОВ, профессор, канд. техн. наук
(КарГТУ, г. Караганда)
А.З. АКАШЕВ, доцент, канд. техн. наук
(КарГТУ, г. Караганда)
Г.С. СМАИЛОВА, магистрант
(КарГТУ, г. Караганда)

ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС КАЗАХСТАНА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Развитие экономики страны, существенный рост валового продукта невозможны без соответствующего развития транспортного комплекса. Интеграция Казахстана в мировую экономику, вступление во Всемирную

торговую организацию расширяют возможности транспортного бизнеса в сфере транзитных перевозок, в первую очередь, по системе общеевропейских транспортных коридоров. В связи с этим, организация транспортных процессов, предоставление грузовладельцам транспортно-экспедиционных услуг по доставке их продукции внутри страны и в международном сообщении приобретают особую значимость.

В настоящее время нередки случаи несогласованной работы отдельных видов транспорта на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте, а также на промышленных предприятиях и крупных железнодорожных узлах. В основном это происходит из-за отсутствия единого технологического процесса, единой информационно-оповестительной службы, единого диспетчерского аппарата, единых транспортных средств, единых разработок графика движения, несогласованного подвода вагонопотоков и т.д.

За последние годы на сети железных дорог созданы мощные информационные системы, и на их основе внедрены современные технологии управление перевозочным процессом. Однако проблемы полного транспортно-экспедиционного обслуживания перевозок массовых навалочных грузов, в особенности разработка различных конкурентных вариантов технологии перевозок, рассмотрение возможности обратной загрузки, использование собственных поездных формирований и т.п., в должной мере на сети железных дорог еще не проработаны.

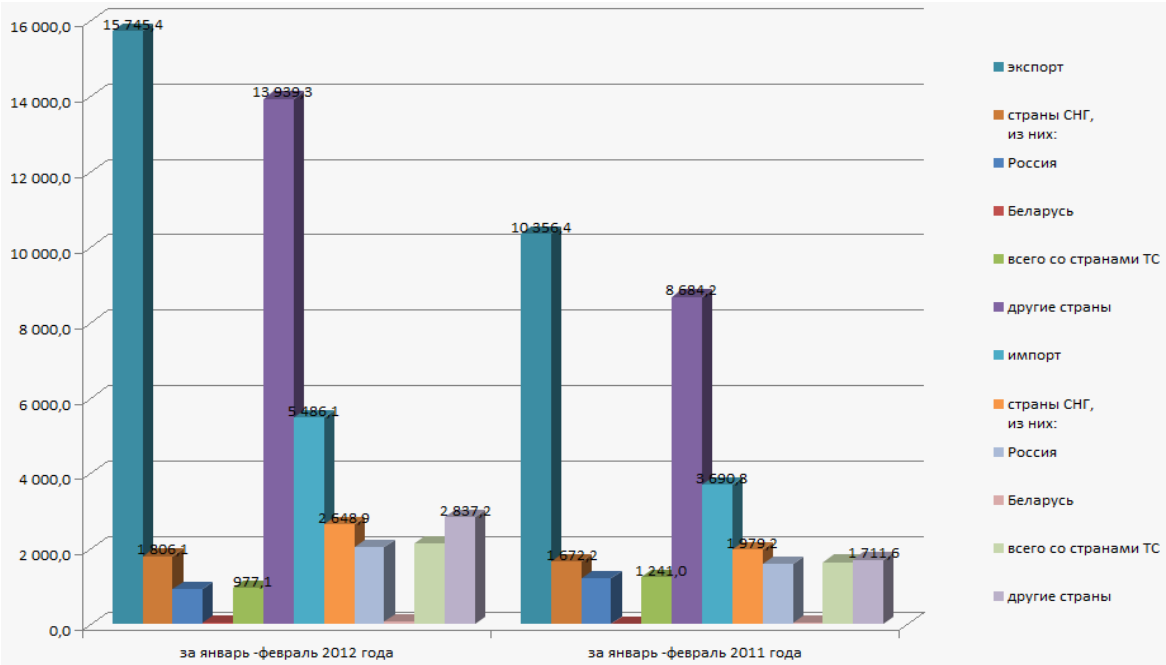


Рис. 1 - Внешнеторговый оборот Республики Казахстан
(млн.долларов США, агентство статистики РК)

Промышленный транспорт Казахстана осуществляет перевозки и погрузку-выгрузку грузов на путях необщего пользования, которые находятся, как правило, на территориях предприятий. Промышленный транспорт обеспечивает бесперебойную связь основного производства с транспортом общего пользования и оказывает транспортно-экспедиционные услуги клиентуре. Специфической особенностью промышленного железнодорожного транспорта является его большая раздробленность. В настоящее время в СНГ насчитывается более 10,5 млн. организаций, имеющих собственные железнодорожные пути, подвижной состав и другую транспортную технику, на которых работает около 290,6 тыс. человек. Объекты и системы промышленного транспорта размещаются, как правило, в жилых и промышленных зонах и являются объектом повышенной опасности для людей и окружающей среды. В настоящее время на промышленном транспорте СНГ эксплуатируется свыше 900 электровозов, 12200 тепловозов, более 119800 грузовых магистральных вагонов и около 63000 грузовых вагонов промышленного типа [1].

Таблица 2 – Динамика инвестиционных вложений в разведку, освоение, промышленное использование и переработку руд в Казахстане (млн.долл)

Наименование	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.
Уран	64,0	169,1	410,1	691,2	913,4	955,8
Золото	151,1	213,5	310,9	532,1	610,4	706
Цинк, свинец и др.	374,7	463	601,5	808,8	1045	662
Медь	261,5	483,3	501,4	546,5	672	532
Железо, марганец	335,8	411,6	528,8	743,7	1011,8	563,1
Хром	88,6	105,9	153,8	173,7	238,8	165,5
Алюминий	50,9	63,7	88,9	116,9	154,1	120,6
Никель, кобальт	4,5	8,6	3,4	9,8	48,4	7,6

В настоящее время подготовлен план перспективного развития горно-обогатительного комплекса Казахстана, включающий в себя более 70 проектов с суммарным объемом инвестиций свыше 50 млн. долл. Около 1/10 этих проектов включены в правительственную Программу индустриально-инновационного развития Казахстана в период 2010 – 2015гг. Для реализации средне- и долгосрочных проектов предусмотрено привлечение инвесторов. Кроме того, в восточном регионе страны запланировано создание исследовательского центра по изучению проблем горной и металлургической промышленности. Поставщиком лабораторного и другого оборудования будет Финляндия.

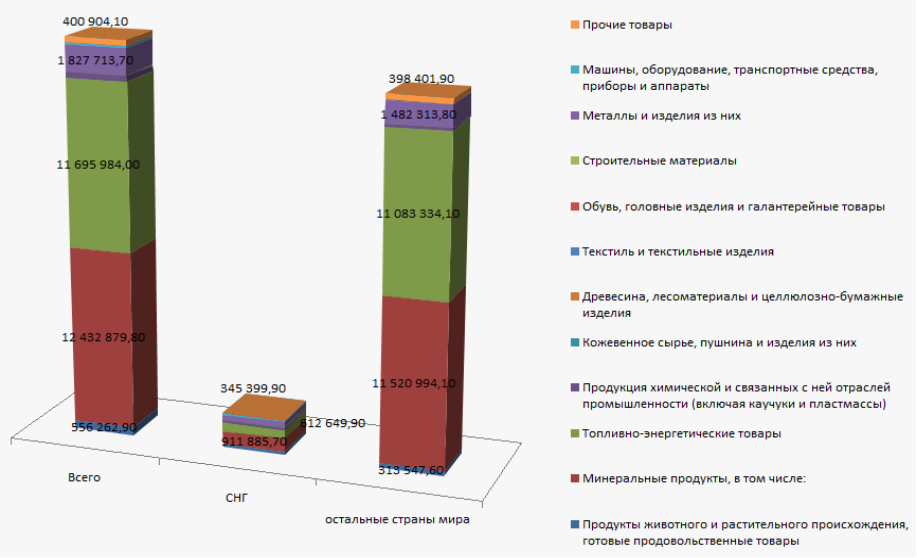


Рис. 2 - Структура экспорта Республики Казахстан по основным товарным группам (млн.долларов США)

Из-за отсутствия методик управления рабочим парком железнодорожного подвижного состава, учитывающих в современных условиях периодически меняющуюся эксплуатационную обстановку, величина рабочего парка вагонов в отдельные моменты времени не соответствует потребностям производства.

Список литературы

1. Балгабеков Т.К. Научное обоснование технологического цикла вагонопотоков на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте: монография.- Караганда.: КарГТУ, 2012.-183с.

УДК 622.232.8

В.В. АКСЕНОВ, профессор, д-р техн. наук
(ИУ СО РАН, г. Кемерово)
А.А. ХОРЕШОК, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
К.А. АНАНЬЕВ, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ МАШИН

В последние годы на шахтах Кузбасса наблюдается увеличение объема проходки горных выработок комбайновым способом. Наряду с этим проходка стволов и тоннелей в современной мировой практике также

ориентирована в сторону механизированных стволопроходческих и щитовых комплексов. Для обеспечения увеличивающихся потребностей в освоении подземного пространства происходит непрерывное развитие ГПС. При этом существуют два варианта развития: 1) совершенствование и модернизация существующего оборудования; 2) создание принципиально новых перспективных машин и оборудования.

Рядом исследователей предложен новый способ формирования горных выработок, получивший название геовинчестерная технология (ГВТ). При данном способе движение горной машины нового класса – геохода, рассматривается как движение твердого тела в твердой среде [1, 2]. При этом существуют значительные отличия его работы от традиционных ГПС.

Создание геоходов как принципиально новых машин требует рассмотрения вопроса возможности адаптации к ним систем существующего проходческого оборудования, в частности, одной из основных систем – исполнительного органа (ИО), во многом определяющего работоспособность всей машины. Для этого необходим обзор существующих исполнительных органов традиционных ГПС.

Планетарные ИО

Планетарные ИО по расположению фрез относительно фронтальной плоскости выработки подразделяются на пространственные и на плоские.

В планетарных ИО можно получить одинаковые условия работы инструмента по скорости и нагрузке независимо от его закрепления на диске, а также реализовать поверхность забоя практически любой конфигурации. Однако у таких ИО сложная кинематика движения инструмента.

Роторные ИО

Роторные ИО имеют достаточно широкую область применения и способны работать практически в любых горно-геологических условиях: от обводненных песчаных пород до крепких пород, которые разрушаются шарошечным инструментом. Роторные ИО в основном представляются планшайбами (плоскими или винтовыми) и радиальными лучами, на которых закрепляется породоразрушающий инструмент.

В проходческих щитах помимо планшайб и радиально-лучевых роторных ИО применяются конические роторы, оснащенные дисковыми шарошками. Такие ИО предназначены для крепких пород, а оснащенные ими машины позиционируются как альтернативные буровзрывному способу проходки.

Качающиеся ИО

Применяются в проходческих щитах. Простота конструктивного исполнения привода обеспечивает наличие свободного пространства внутри щита. В некоторых случаях положение вала может изменяться

относительно оси щита, что дает возможность разрабатывать контур забоя с той стороны, в которую осуществляется поворот щита.

Барабанные и шнековые ИО

Барабанные ИО нашли применение как в проходческих комбайнах, так и в механизированных щитах. Шнековые и барабанные исполнительные органы имеют практически одинаковый принцип действия. Различие заключается только в способности транспортирования отбитой породы.

В проходческих комбайнах данные ИО избирательного действия, в щитах они обрабатывают сразу весь забой, позволяя проходить выработки прямоугольного сечения.

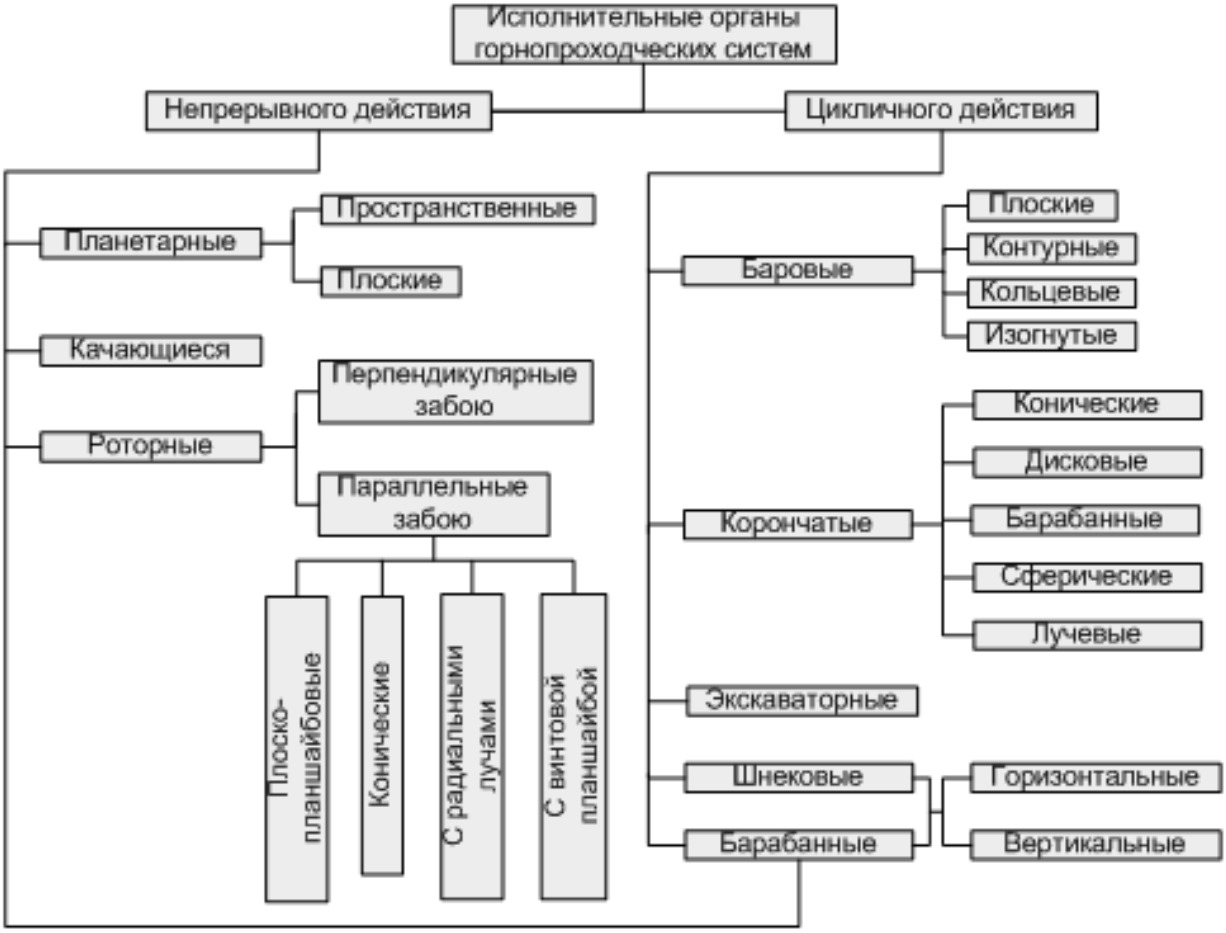


Рис. 1. Классификация исполнительных органов ГПС

Корончатые исполнительные органы

Корончатые ИО получили наибольшую распространенность в проходческих комбайнах избирательного действия, а щитовые ИО корончатого типа были заимствованы от комбайнов.

По расположению коронок данные исполнительные органы подразделяются на осевые и аксиальные. По геометрии коронки данные ИО разделяются на конические, дисковые, барабанные, сферические, лучевые.

Баровые исполнительные органы

Баровые органы разрушения забоя представляют собой один или несколько баров, обрабатывающих забой с поверхности полосками небольшой глубины [5]. Во врубовых машинах бар используется для образования щелей в массиве и по виду щели подразделяются на плоские, изогнутые, кольцевые и контурные. Недостатком баровых ИО является высокая энергоемкость разрушения забоя.

Экскаваторные исполнительные органы

В проходческих щитах применяют экскаваторные ИО, способные работать по породе крепостью *f* до 1,5 ед. по шкале М. М. Протодьяконова. Экскаваторные ИО относятся к органам цикличного действия, так как за один цикл работы разрушается только часть породы забоя.

В ракурсе применения существующих исполнительных органов ГПС в геоходах предложена общая классификация ИО, разрушающих массив механическим способом, которая синтезирует известные классификации исполнительных органов горнопроходческих машин (рис. 1).

Исполнительные органы по возможности обеспечения непрерывного движения проходческой машины на забой разделены на две группы: непрерывного и цикличного действия, которые включают в себя типы ИО, классифицированных по характерным конструктивным признакам разрушающего модуля.

Данная классификация упрощает дальнейший анализ ИО на предмет возможности применения в качестве рабочих органов геоходов.

Список литературы

1. Винтоповоротные проходческие агрегаты / А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992. – 192 с.

2. Аксенов В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. – 264 с.

3. Горнопроходческие шиты и комплексы / В.Х. Клорикьян, В.К. Ходош. – М.: Недра, 1977. – 323 с.

4. Горные машины и оборудование: Учеб. для вузов \ М.С. Сафохин, Б.А. Александров, В.И. Нестеров. – М.: Недра, 1995. – 463 с.

5. Горные машины / Я.И. Альшиц и др. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 492 с.

УДК 622.26

Ю.А. АНТОНОВ, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Г.Д. БУЯЛИЧ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
И.Ю. КОРЧАГИН, студент гр. ГЭ$_{ц}$ – 081
(КузГТУ, г. Кемерово)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Проходческие комбайны типа КП21 широко используются на шахтах Кузбасса. Являясь более мощными и производительными чем устаревшие комбайны семейства ГПКС, они постепенно вытесняют их и обеспечивают темпы проходки горных выработок до одного километра в месяц. Однако комбайн КП21 не лишён конструктивных недостатков. Ранее в публикациях авторов этой статьи были изложены технические предложения, касающиеся совершенствования гидросистемы комбайна [1,2]. В частности был предложен вариант гидросхемы комбайна, позволяющей совместить во времени и выполнять одной гидравлической командой операции по извлечению аутригеров комбайна из почвы, их переводу в нерабочее положение и включению гусеничного хода комбайна, что сокращает количество операций по управлению комбайном и исключает влияние человеческого фактора [3].

Однако и в этом варианте комбайн обладает существенным недостатком. Он заключается в том, что при одновременной подаче жидкости в гидромоторы гусеничного хода и в гидроцилиндры аутригеров не гарантирован перевод аутригеров в нерабочее (сложенное) положение до запуска гидромоторов и может возникнуть ситуация когда комбайн уже начал движение, а аутригеры ещё не потеряли контакт с почвой выработки. Такая ситуация может возникать в случае глубокого погружения опорных поверхностей аутригеров в почву, завале их кусками породы, а также при давлении жидкости в гидромоторах механизма перемещения, необходимом для их запуска, меньшем, чем требуемое давление в штоковых полостях гидроцилиндров для их сокращения и отрыва аутригеров от почвы и т.д. А если аутригеры не могут быть гарантированно извлечены из почвы и переведены в сложенное положение до начала движения комбайна, то это приведёт к поломке механизмов аутригеров.

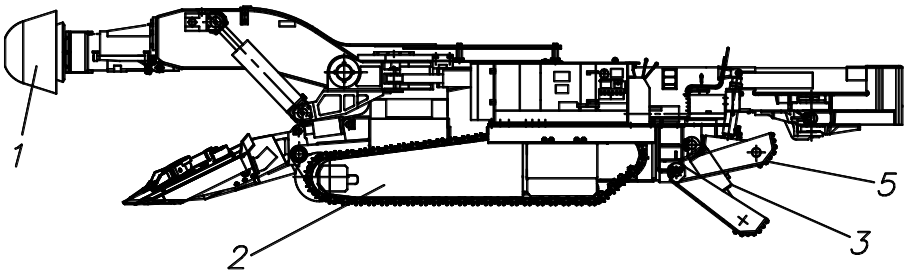
Для исключения такой ситуации предлагается модернизировать гидросистему комбайна в направлении гарантированного обеспечения перевода аутригеров в нерабочее положение до начала движения комбайна. Это позволит повысить его надёжность за счёт исключения поломки механизмов аутригеров при включении механизма перемещения. Для этого в гидросхему комбайна внесены изменения.

На рисунке представлен общий вид комбайна (а) и схема управления гидроцилиндрами аутригеров и гидромоторами гусеничного хода (б).

Комбайн и его гидравлическая схема включают в свой состав режущий орган 1, гусеничный ход 2, гидроцилиндры 3 с гидрозамками 4, кинематически соединенные с аутригерами 5, отдельный гидрораспределитель 6 управления гидроцилиндрами 3, гидромоторы 7 привода гусеничного хода, одноимённые полости которых гидравлически соединены параллельно, и управляемые гидрораспределителем 8, клапан «или» 9 и обратный клапан 10. Один вход клапана «или» 9 соединен с магистралью 11, другой вход – с магистралью 12. Каждая из магистралей 11 и 12 может быть напорной или сливной в зависимости от одной из рабочих позиций гидрораспределителя 8, в которых рабочая жидкость от насоса 13 поступает либо в полости гидромоторов 7 для движения комбайна вперед, либо в их полости для движения назад. Обратный клапан 10 своей подклапанной полостью соединен с выходом клапана «или» 9, а надклапанной полостью через гидрозамки 4 соединен со штоковыми полостями гидроцилиндров 3. Отдельный гидрораспределитель 6 управления гидроцилиндрами выполнен так, что в его нейтральной позиции поршневые полости гидроцилиндров 3 через гидрозамки 4 соединены со сливной магистралью 14 посредством канала 15. Дополнительно в гидравлическую схему комбайна включены два обратных клапана 16, 16' и два подпорных клапана 17, 17'. Каждый из подпорных клапанов 17 и 17' имеет соответственно входы 18 и 18', выходы 19 и 19', линии управления 20 и 20'. Они установлены так, что вход 18 и линия управления 20 подпорного клапана 17 гидравлически подключены к магистрали 11, вход 18' и линия управления 20' подпорного клапана 17' – к магистрали 12, а выходы 19 и 19' каждого из них подключёны к одной из полостей гидромоторов 7. Места гидравлического подключения подпорных клапанов 17 и 17' к магистралям 11 и 12 расположены между клапаном «или» и гидромоторами. Дополнительный обратный клапан 16 установлен в магистрали 11 между входом и выходом подпорного клапана 17 и обращён надклапанной полостью к его входу, а дополнительный обратный клапан 16' установлен в магистрали 12 между входом и выходом подпорного клапана 17' и обращён надклапанной полостью к его входу. Уровень настройки давления открытия подпорных клапанов устанавливается больше, чем величина давления необходимого для

создания усилия в гидроцилиндрах при их сокращении. Необходимое для этого давление может быть определено либо расчётным путём с учётом кинематики механизма аутригера, его веса, геометрических размеров гидроцилиндров и коэффициента запаса, либо установлено (замерено) экспериментально в наиболее сложных условиях работы механизмов аутригеров.

а.



б.

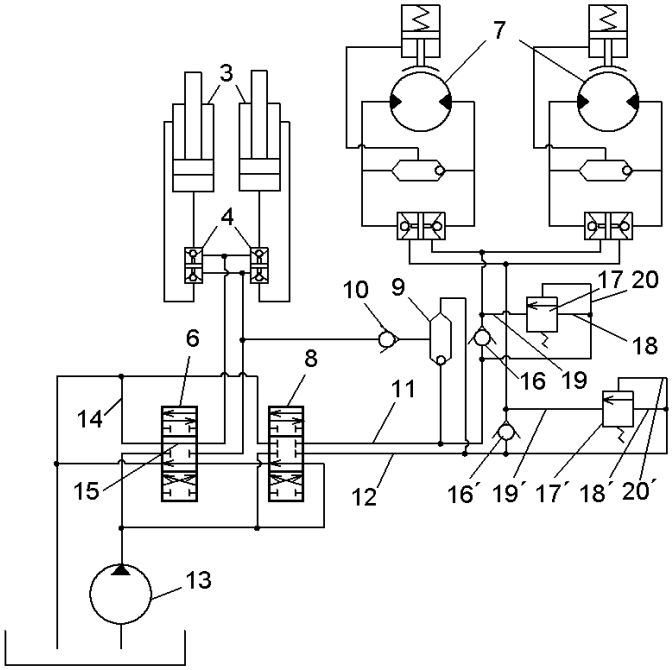


Рис. Общий вид комбайна (а) и схема управления гидроцилиндрами аутригеров и гидромоторами гусеничного хода (б).

Проходческий комбайн с модернизированной гидросистемой работает следующим образом. Во время разрушения забоя аутригеры 5, расположенные в хвостовой части комбайна с правой и левой его сторон, распёрты в почву с помощью гидроцилиндров 3, что повышает его

устойчивость. После завершения цикла разрушения забоя необходимо зарубить режущий орган 1 в массив для следующего цикла разрушения. Для этого необходимо сократить гидроцилиндры 3, чтобы перевести аутригеры 5 в нерабочее (сложенное) положение и запустить гидромоторы 7 механизма перемещения комбайна. Эти операции выполняются в одной позиции гидрораспределителя 8, но, для исключения поломки механизмов аутригеров, необходимо обеспечить их складывание до начала движения комбайна. Гидрораспределитель 8 переводится из нейтральной позиции в позицию, соответствующую ходу комбайна вперед. Рабочая жидкость от насоса 13 через клапан «или» 9, обратный клапан 10 и гидрозамки 4 поступает в штоковые полости гидроцилиндров 3, гидроцилиндры сокращаются и аутригеры 5 переводятся в сложенное положение. Во время выполнения этой операции отдельный гидрораспределитель 6 управления гидроцилиндрами 3 находится в нейтральной позиции и при сокращении гидроцилиндров жидкость из их поршневых полостей через гидрозамки 4 уходит в сливную магистраль 14 через канал 15. Одновременно с этим рабочая жидкость от насоса 13 через гидрораспределитель 8 направляется и к гидромоторам 7 через магистраль 11 или 12. На пути следования она поступает на вход 18 или 18' одного из подпорных клапанов 17 или 17' в зависимости от того какая из магистралей 11 или 12 является напорной. При этом один из дополнительных обратных клапанов 16 или 16', находящийся в напорной магистрали, препятствует проходу жидкости через неё в гидромоторы, минуя подпорный клапан 17 или 17'. Так как каждый подпорный клапан настроен на давление открытия большее, чем давление необходимое для сокращения гидроцилиндров 3, то, пока не закончится их сокращение и складывание аутригеров 5, жидкость не сможет пройти через него. После полного сокращения гидроцилиндров 3 давление в напорной магистрали и линии управления 20 или 20' начнёт увеличиваться и как только оно достигнет уровня настройки давления открытия подпорного клапана, установленного в напорной магистрали, он откроется. Жидкость через выход 19 или 19' подпорного клапана поступит в гидромоторы 7 для их запуска и движения комбайна в заданном направлении. Слив жидкости из гидромоторов в это время происходит через дополнительный обратный клапан 16' или 16 установленный между входом и выходом закрытого подпорного клапана в сливной магистрали. Если же необходимо отвести комбайн от забоя, то гидрораспределитель 8 ставится в соответствующую позицию. При этом рабочая жидкость от насоса 13 опять же через клапан «или» 9, обратный клапан 10 и гидрозамки 4 поступает в штоковые полости гидроцилиндров 3, которые сокращаются и переводят аутригеры 5 в нерабочее положение. Слив жидкости из поршневых полостей гидроцилиндров 3 происходит через гидрозамки 4 и канал 15 в нейтральной позиции отдельного

гидрораспределителя 6. Одновременно с этим поток жидкости от насоса 13 через гидрораспределитель 8 направляется и к гидромоторам 7 через магистраль 12 или 11, а порядок запуска гидромоторов для движения комбайна от забоя такой же, как и выше описанный порядок при движении на забой с той разницей, что напорная магистраль становится сливной, а сливная напорной. Соответственно изменяются функции подпорных клапанов и дополнительных обратных клапанов.

Если необходимо независимое управление гидроцилиндрами 3, например, при проведении технического обслуживания, ремонте или проверке функционирования механизмов аутригеров без включения гидромоторов 7, то гидрораспределитель 8 ставится в нейтральную позицию, а для управления гидроцилиндрами 3 используется отдельный гидрораспределитель 6. Он имеет две рабочих позиции, в одной из которых жидкость поступает в штоковые полости гидроцилиндров 3 для их складывания, а в другой – в их поршневые полости для распора аутригеров 5 в почву. При подаче жидкости в штоковые полости гидроцилиндров 3 обратный клапан 10 препятствует её попаданию в магистрали 11 или 12 гидромоторов 7 и делает невозможным их запуск.

Предложенные изменения гидросистемы проходческого комбайна позволяют обеспечить гарантированный перевод аутригеров в нерабочее положение до начала движения комбайна, что повышает его надёжность за счёт исключения поломки механизмов аутригеров. При этом сохраняется возможность как совмещения операций по управлению гидромоторами и гидроцилиндрами аутригеров, так и отдельного управления гидроцилиндрами, что расширяет возможности управления комбайном в целом и повышает безопасность труда.

Список литературы

1. Совершенствование гидросистемы проходческого комбайна / Ю. А. Антонов, В. А. Ковалев, В. И. Нестеров, Г. Д. Буялич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 4. – С. 11–13.

2. Антонов, Ю. А. Анализ и совершенствование гидросистемы проходческого комбайна / Ю. А. Антонов, Г. Д. Буялич, Н. О. Горощенко // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., 18–19 мая 2012 г. В 3-х ч. Ч. 1 / Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово: Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, 2012. – С. 9–13.

3. Пат. 119391 РФ : МПК E 21 D 9/00 (2006.01). Проходческий комбайн / Антонов Ю. А., Горощенко Н. О., Буялич Г. Д., ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т» (КузГТУ). – № 2012113660/03 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23. – 2 с.

УДК 629.331

Г.В. КАЗАЧЕНКО, доцент, канд.техн. наук
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)
Г.А. БАСАЛАЙ, старший преподаватель
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В настоящее время для образования отвалов на предприятиях горноперерабатывающей промышленности наиболее широко используются полноповоротные отвалообразователи на шагающих движителях [1, 2]. Эти машины представляют собой сложные и массивные электромеханические системы, проектирование и расчет которых базируется на исследовании и решении уравнений их движения. В настоящей работе рассматривается общая методика моделирования отвалообразователя как механической системы и исследуется равновесие базы машины. При составлении уравнений движения отвалообразователь (рис. 1) рассматривается как динамическая система, состоящая из следующих частей: база 1 (абсолютно жесткое тело); поворотная платформа 2 (абсолютно жесткое тело); отвальная консоль 3 (деформируемая сложная механическая система); приемная консоль 4 (часть платформы); канаты, ванты 5 ,6 и 7 (элементы, связывающие между собой основные части); конвейер 8 (ленточный транспортер, установленный на приемной и отвальной консолях, а также на поворотной платформе); механизм шагания 9.

За основную часть системы выбрана база, а движение остальных частей рассматривается относительно ее. Опорная база отвалообразователя воспринимает все нагрузки, действующие на него и передает их на опорную поверхность. При стационарном режиме работы конвейера эти нагрузки включают силы тяжести, ветровую нагрузку, а также нагрузки, возникающие вследствие движения горной массы, находящейся на конвейере. Под действием их база совершает малые движения относительно начального положения. Для изучения таких движений составим их уравнения в форме Аппеля: $\partial S/\partial \omega_i = \Pi_i$, где S - энергия ускорений; ω_i - квазискорости; Π_i - обобщенные силы, соответствующие выбранным квазискоростям; i = 1, 2, …, n; n - число степеней свободы.

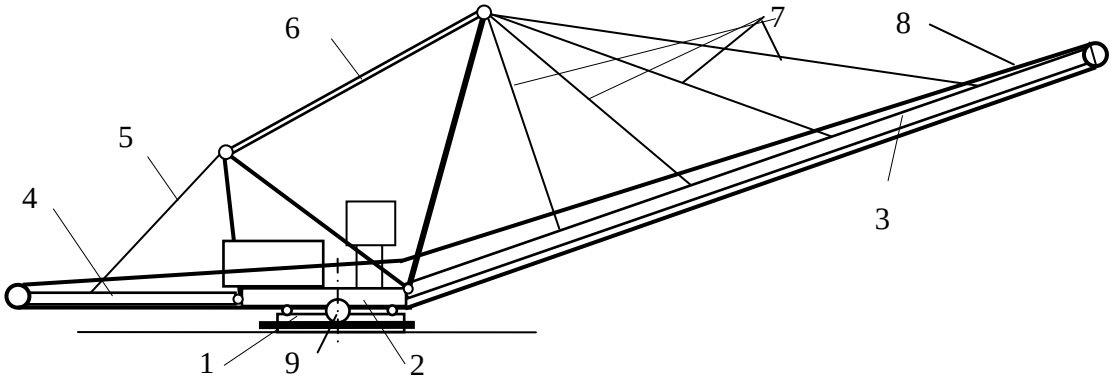


Рис. 1 – Схема отвалообразователя

Чтобы получить эти уравнения, необходимо выбрать квазискорости и определить Π_i. Для получения достаточно простых выражений энергии ускорений и обобщенных сил, возможности анализа уравнений движения, а также получения в отдельных случаях аналитических решений, приняты допущения: база находиться на малодеформируемой поверхности; трение между базой и опорной поверхностью изотропно, а коэффициент трения - величина постоянная; упругие силы, действующие на базу, линейно зависят от деформации поверхности; внешние нагрузки считаем заданными.

Конфигурация базы определяется тремя координатами центра масс и тремя углами Эйлера, определяющими ее сферическое движение. Для определения углов Эйлера введем систему координат $OX'Y'Z'$, центр которой перемещается вместе с центром масс базы, а оси остаются параллельными осям неподвижной системы координат $OXYZ$ и подвижный триэдр $Oxyz$. Оси триэдра $Oxyz$ расположим следующим образом: Ox – перпендикулярно оси конвейера; Oy - вдоль по ходу конвейера, параллельно опорной плоскости; Oz - перпендикулярно плоскости Oxy вверх. Углы ψ, θ, φ введем подобно углам, взятым академиком А.Н. Крыловым [3] для определения ориентации корабля в пространстве. Эти углы определим по способу, изложенному проф. А.И. Лурье. Для этого назначим (рис. 2) основные оси OZ' и Ox, основные плоскости $X'OY'$ zOY и построим два вспомогательных триэдра: полунеподвижный k, n, i и полуподвижный i_1', n, n'.

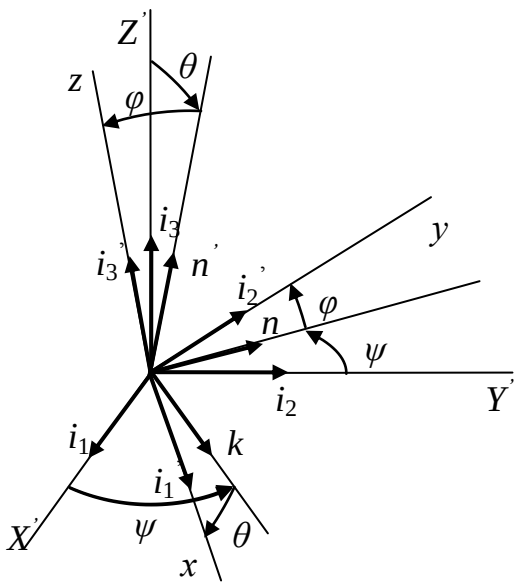


Рис. 2 - Ориентация подвижных осей

Тогда искомые углы ψ, θ, φ определяются так, как это показано на рисунке 2. Эти углы называются соответственно углами рысканья, поперечного и продольного крена. Таблицу косинусов между осями $OX'Y'Z'$ и подвижными осями $Oxyz$ определим произведением трех матриц, осуществляющих последовательно повороты вокруг оси OZ' на угол ψ, вокруг линии узлов On на угол θ, вокруг оси Ox на угол φ.

Так как в стационарном режиме опорная база совершает повороты на мало деформируемой поверхности, то углы ψ, θ, φ малы. Для малых углов ψ, θ, φ справедливы приближенные равенства $\sin\phi \approx \phi$, $\sin\varphi \approx \varphi$, $\sin\theta \approx \theta$ и $\cos\phi \approx \cos\theta \approx \cos\varphi \approx 1$. Учитывая эти соотношения и пренебрегая членами, содержащими произведения малых величин, получаем приближенную матрицу направляющих косинусов

$$\alpha = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} X & Y & Z \end{array} \\ \left\| \begin{array}{ccc} 1 & \psi & -\theta \\ -\psi & 1 & \varphi \\ \theta & -\varphi & 1 \end{array} \right\| \end{array} \begin{array}{c} \\ x \\ y \\ z \end{array}. \qquad (1)$$

Декартовы координаты любой точки базы определятся по формулам

$$\begin{aligned} X &= X_0 + x - y\cdot\psi + z\cdot\theta; \\ Y &= Y_0 + x\cdot\psi + y - z\cdot\varphi; \\ Z &= Z_0 - x\cdot\theta + y\cdot\varphi + z, \end{aligned} \qquad (2)$$

где x, y , z - координаты этой точки в подвижной системе осей.

При составлении уравнений движения в формах с выражением основных динамических характеристик системы через квазискорости в качестве последних для систем, состоящих из твердых тел, чаще всего выбирают проекции скорости центра масс на подвижные оси и проекции утловой скорости на те же оси. Такой выбор оказывается весьма удачным, если можно разделить кинематические и динамические уравнения. Однако в ряде случаев для упрощения правых частей уравнений движения выгоднее в качестве квазискоростей выбирать проекции скоростей системы на направления, по которым действуют внешние силы. Так как

эти силы при движении базы по опорной поверхности удобнее всего проектировать на направления, задаваемые триэдром $Okni_3$, то выберем в качестве квазискоростей, характеризующих движение центра масс базы, проекции его скорости на эти направления. Обозначая их ω_1, ω_2, ω_3 находим

$$\begin{aligned} \omega_1 &= v_{ок} = \dot{X}_0 + \dot{Y}_0 \cdot \psi; \\ \omega_2 &= v_{оп} = \dot{Y}_0 - \dot{X}_0 \cdot \psi; \\ \omega_3 &= v_{oz} = \dot{Z}_0. \end{aligned} \qquad (3)$$

Легко убедиться, что если пренебречь влиянием угловых деформаций базы в контакте с опорной поверхностью на вертикальную координату центра масс и считать вертикальную нагрузку на базу постоянной, то $\omega_1 = v_{ox}$, $\omega_2 = v_{oy}$, $\omega_3 = 0$. Это следует из того, что в этом случае $Z_0^{'} = 0$ и приведенные приближенные равенства следуют из (2). В качестве квазискоростей, описывающих сферическое движение базы, возьмем проекции ее угловой скорости на подвижные оси. Запишем выражение угловой скорости через обобщенные скорости $\overline{\omega} = i_3 \cdot \dot{\varphi} + n \cdot \dot{\theta} + i_1^{'} \cdot \dot{\varphi}$ и спроектируем это равенство на направления подвижных осей: $\omega_x = \overline{\omega} \cdot i_1'$; $\omega_y = \overline{\omega} \cdot i_2'$; $\omega_z = \overline{\omega} \cdot i_3'$. С учетом малости углов ψ, θ, φ : $\omega_x = -\theta \cdot \dot{\psi} + \dot{\varphi}$; $\omega_y = \varphi \cdot \dot{\psi} + \dot{\theta}$, $\omega_z = \dot{\psi} - \varphi \cdot \dot{\theta}$.

Преобразование обобщенных скоростей в квазискорости и наоборот представим в матричной форме, обозначив предварительно обобщенные координаты: $q_1 = X_0$, $q_2 = Y_0$, $q_3 = Z_0$, $q_4 = \psi$, $q_5 = \theta$, $q_6 = \varphi$. Тогда матрицы прямого (4) и обратного (5) преобразований имеют вид

$$b = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} \dot{q}_1 & \dot{q}_2 & \dot{q}_3 & \dot{q}_4 & \dot{q}_5 & \dot{q}_6 \end{array} \\ \left\| \begin{array}{cccccc} \cos\psi & \sin\psi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \varphi & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\theta & 0 & 1 \end{array} \right\| \end{array} \begin{array}{c} \\ \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{array} ; \qquad (4)$$

$$b^{-1} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 & \omega_5 & \omega_6 \end{array} \\ \left\| \begin{array}{cccccc} \cos\psi & -\sin\psi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\varphi & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\theta & 0 & 1 \end{array} \right\| \end{array} \begin{array}{c} \\ \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \\ \dot{q}_4 \\ \dot{q}_5 \\ \dot{q}_6 \end{array} . \qquad (5)$$

Таким образом, определены квазискорости базы для различных режимов движения базы. Одним из таких режимов является стационарное положение. В этом положении отвалообразователь работает большую часть рабочего времени. Если к тому же он не поворачивается вокруг оси Oz, т. е. $\psi = 0$, то база находится в равновесии под действием вертикальной нагрузки и реакции опорной поверхности. Условия ее равновесия в этом случае можно записать в виде: $\iint\limits_F p dF = P_z$; $\iint\limits_F p \cdot \sqrt{x^2 + y^2} dF = P_z \cdot r_\partial$, где p –

давление под опорной базой; P_z – нормальная к опорной поверхности нагрузка, передаваемая со стороны базы; F – опорная площадь базы; r_∂ – радиус центра давления. При этом базу можно рассматривать как круглый стержень при внецентренном сжатии. Давление под базой распределяется по закону

$$p = \frac{P_z}{F} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}, \tag{6}$$

где M_x и M_y – моменты внешних нагрузок относительно осей Ox и Oy; W_x и W_y – моменты сопротивления опорной площади относительно тех же осей.

Как известно [4], одним из критериев статической устойчивости машин можно считать положение центра давления относительно ядра сечения опорной площади. Для круглой опорной площади ядро сечения представляет собой круг радиусом $r_я = D/8$, где D – диаметр базы.

Представляет интерес рассмотреть другие конструктивные формы опорной базы, прежде всего, ввиду необходимости полной симметрии, форму кольца. Определим размеры ядра сечения в этом случае.

Моменты внешних нагрузок можно определить через координаты центра давления: $M_x = P_z \cdot y_\partial$, $M_y = P_z \cdot x_\partial$, где x_∂ и y_∂ – координаты центра давления опорной площади. Причем радиус положения центра давления $r_\partial = \sqrt{x_\partial^2 + y_\partial^2}$. Давление в этом случае распределено по закону

$$p = P_z\left(\frac{1}{F} \pm \frac{y_\partial}{W_x} \pm \frac{x_\partial}{W_y}\right). \tag{7}$$

Для того, чтобы полностью использовать опорную поверхность базы, необходимо выполнение условия $p_{\min} \geq 0$. В предельном положении центра давления, обеспечивающем выполнение этого условия, имеем приравнивая нулю левую часть (7)

$$0 = \frac{1}{F} - \frac{y_{\partial.\max}}{W_x} - \frac{x_{\partial.\max}}{W_y}, \tag{8}$$

где $x_{\partial.max}$ и $y_{\partial.max}$ – координаты границы ядра сечения.

Если центр давления смещается вдоль оси Oy, что не нарушает общности результата, то имеем уравнение для определения радиуса ядра сечения $r_я = W_y / F$. Для кольцевой базы: $W_y = \frac{\pi}{4 \cdot R}\left(R^4 - r^4\right)$; $F = \pi\left(R^2 - r^2\right)$, где R и r – соответственно наружный и внутренний радиусы кольца.

В итоге, радиус ядра сечения для кольцевой базы

$$r_я = \frac{R^2 + r^2}{4R} = \frac{R}{4}\left(1 + C^2\right), \qquad \text{где } C = \frac{r}{R}. \tag{9}$$

Таким образом, использование опорной базы в форме кольца увеличивает радиус ядра сечения, а значит, повышает устойчивость отвалообразователя. При этом необходимо обеспечить значение среднего давления на опорную поверхность не большее, чем дает база в форме круга. Это требование при равной массе отвалообразователей выражается соотношением $R = R_{кр} / \left(1 - C^2\right)$, где R – радиус круговой базы.

Рассмотренные в работе вопросы позволяют разрабатывать достаточно подробные модели отвалообразователей и совершенствовать их конструкции. В частности, исследована на статическую устойчивость база кольцевой формы, которая в этом смысле превосходит традиционную базу в форме круга.

Список литературы

1. Волков Д.П., Черкасов В.А. Динамика и прочность многоковшовых экскаваторов и отвалообразователей. М.: Машиностроение. 1969. - 408 с.
2. Падерни Р.Ю. Горные машины. М.: Недра. 1980. – 390 с.
3. Казаченко Г.В. Определение пространственной ориентации горных машин // Горная механика. 2007. № 4. – С. 85-89.
4. Опейко Ф.А. Торфяные машины // Ф.А. Опейко. – Минск: Выш. школа, 1968. - 408 с.
5. Рудицын М.Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицын, П.Я. Артемов, М.И. Любошиц. – Минск: Вышэйшая школа, 1970. - 638 с.

УДК 622.684: 622.003.13

А.Ю. ЗАХАРОВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово);
А.Ю. ВОРОНОВ, аспирант
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Структура автотранспортного парка карьеров в общем случае является неоднородной по типу, грузоподъемности, степени износа карьерных автосамосвалов. Изменение технического состояния самосвалов вследствие их физического износа ухудшает скоростные характеристики, что в конечном итоге снижает их текущие потенциальные возможности (под текущими потенциальными возможностями понимается сменная производительность изолированного от других машин самосвала в конкретных горнотехнических условиях). Кроме того, неоднородным

может быть и парк действующих экскаваторов, что, очевидно, оказывает влияние на интенсивность загрузки самосвалов.

Наибольшую сложность в условиях неоднородных экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) представляет определение рабочего цикла самосвала. В общем случае это время может быть определено как сумма продолжительностей всех операций, составляющих цикл: погрузки ($t_{\text{ц}_{ij}}^{\text{э}}$), транспортирования до места разгрузки ($t_{\text{гр}_i}$), разгрузку ($t_{\text{разгр}}$), движение порожнего самосвала к пункту погрузки ($t_{\text{пор}_i}$), простой самосвала в ожидании погрузки ($t_{ij}^{\text{пр}}$), а также время установки под погрузку ($t_{\text{у.п}}$) и разгрузку ($t_{\text{у.р}}$), то есть

$$t_{\text{ц}_i}^{\text{с}} = t_{\text{ц}_{ij}}^{\text{э}} + t_{\text{гр}_i} + t_{\text{пор}_i} + t_{\text{разгр}} + t_{\text{у.п}} + t_{\text{у.р}} + t_{ij}^{\text{пр}} \,. \qquad (1)$$

Анализ структуры транспортного цикла карьерного автосамосвала показывает, что продолжительность отдельных его составляющих (например, простоев в ожидании погрузки, груженых и порожних пробегов по карьерным дорогам и т.д.) зависит от общей транспортной обстановки в карьере и схемы развития транспортных коммуникаций. Оказывая существенное влияние на сменную производительность самосвала, они не могут быть точно определены эмпирическими методами. Это обстоятельство, а также вероятностный характер технологических процессов являются основанием применения имитационного моделирования в качестве метода исследования работы неоднородного парка горного оборудования.

В имитационной модели процессы, протекающие при формировании, разделении грузопотоков и внутри них, рассматриваются на конкретной транспортной сети карьера с ее возможностями и ограничениями. Моделирование процессов функционирования ЭАК позволит лучше осознать механизм влияния всех факторов на эффективность работы различных типов техники, и в результате принимать действительно оптимальные решения при управлении погрузочно-транспортными комплексами карьеров.

Чтобы осуществить моделирование с использованием случайных входных данных, необходимо определить распределения вероятностей. Для выявления характера распределения временных составляющих транспортного цикла карьерных автосамосвалов было проведено исследование в условиях филиала ОАО «УК “Кузбассразрезуголь”» «Кедровский угольный разрез». Исследованию подвергались самосвалы БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т и самосвалы БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т, вывозившие вскрышные породы от 8 экскаваторов с вместимостью ковша от 10 до 33 м^3. Для исследования

использовались отчеты о выполнении карьерными самосвалами технологических операций, формируемые действующей на Кедровском разрезе диспетчерской системой фирмы «Союзтехноком». Были взяты данные за один рабочий день, после чего они были подвергнуты статистической обработке. Каждая пара «экскаватор-самосвал» рассматривалась в отдельности.

Результаты показали большую вариацию значений временных параметров даже на одном и том же маршруте. Это объясняется вероятностной природой транспортного процесса при влиянии большого числа факторов.

На рис. 1,2 и 3 приведены гистограммы распределения для наиболее распространенной пары «БелАЗ-75306 – P&H-2800 №152» при плече откатки, равном 2 км (±300 м).

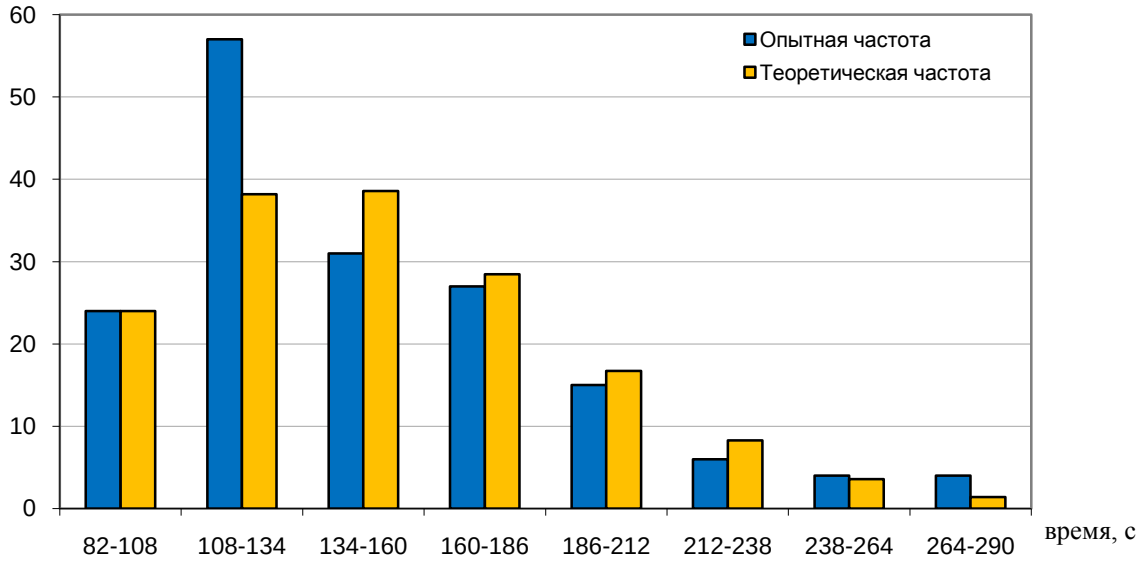


Рис. 1. Распределение времени загрузки самосвала

Разброс значений времени пробегов обусловлен изменениями скоростей движения, а также вариативностью пройденных расстояний.

Установлено, что закономерности изменения времени выполнения самосвалами технологических операций наилучшим образом описываются распределением Эрланга. Такая ситуация возникает также при изучении интенсивности отказов и ремонта самосвалов и экскаваторов.

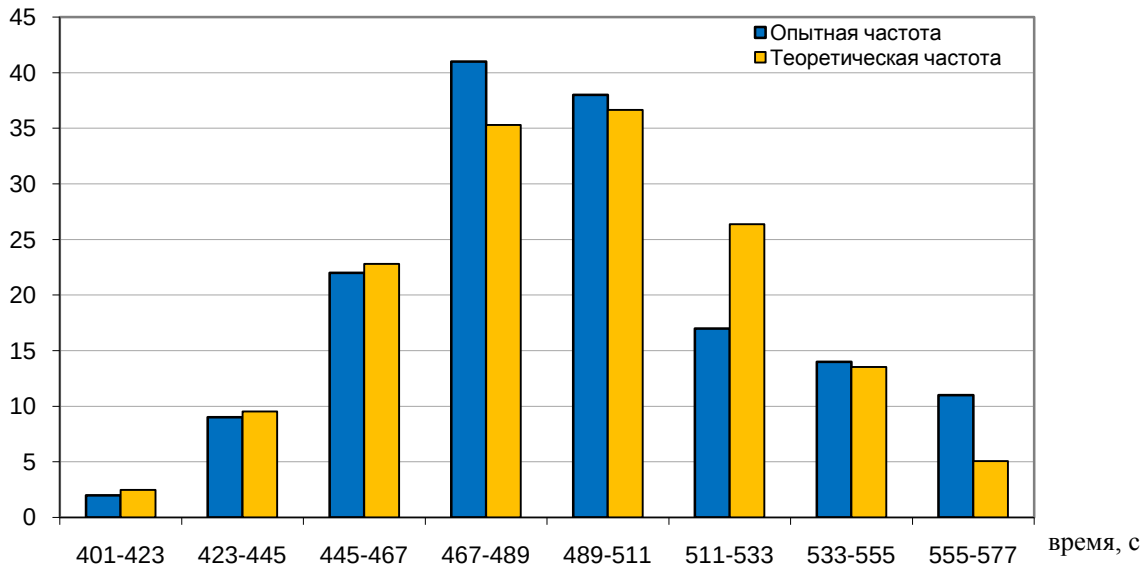


Рис. 2. Распределение времени пробега самосвала в груженом состоянии

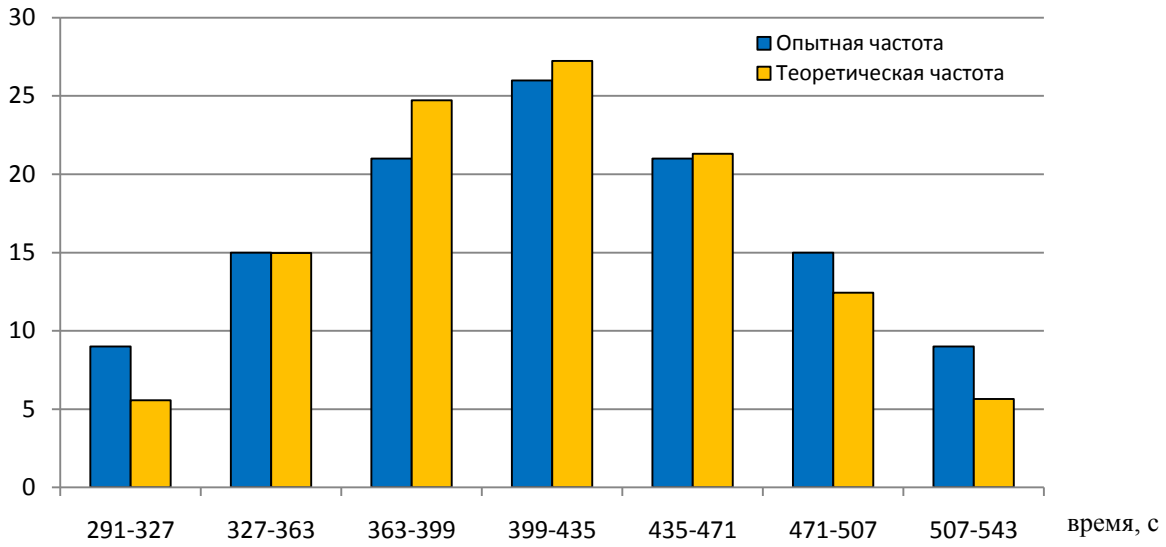


Рис. 3. Распределение времени пробега самосвала в порожнем состоянии

Список литературы

1. Исследование распределения скоростей движения карьерных автосамосвалов / Хорешок А.А., Стенин Д.В., Фурман А.С. // Горн. оборуд. и электромех. – 2009. – №5. – С. 48-49.

2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

УДК 622.647

А.Ю. ЗАХАРОВ, проф, докт. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Н.В. ЕРОФЕЕВА, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕГРЕГАЦИИ НАСЫПНОГО ГРУЗА НА ЛЕНТОЧНОМ КОНВЕЙЕРЕ

При прохождении крупнокусковых грузов роликоопор линейных секций ленточных конвейеров возникают динамические нагрузки на ленту. От действия высоких динамических нагрузок с верхней обкладки конвейерной ленты могут происходить срывы частиц резины, порезы и пробои. После многократных оборотов ленты подобные очаги повреждений, взаимодействуя с очагами, появившимися при предыдущем обороте ленты, со временем образуют потенциально опасное сечение, способное вызвать поперечный порыв ленты [1].

В процессе транспортирования насыпного груза ленточными конвейерами в результате естественной сегрегации крупные куски приподнимаются и под них подсыпается мелкокусковая фракция, в связи с чем разрушающее воздействие крупного куска на ленту при прохождении роликоопор снижается.

Для оценивания высоты всплывания крупного куска в среде насыпного груза на конвейерной ленте в процессе транспортирования были проведены следующие экспериментальные исследования.

В качестве крупных кусков использовались имитаторы крупнокускового груза различной плотности, имеющие форму параллелограмма с соотношением сторон $a : b : c = 1 : 0{,}67 : 0{,}43$. В производственных условиях на коксохимическом заводе в цехе углеподготовки в загрузочной части конвейера непосредственно на ленту укладывались имитаторы крупных кусков. Имитаторы засыпались со всех сторон мелкокусковым грузом из бункера через ленточный питатель. Производился запуск конвейера, и после прохождения грузом расстояния, равного 120 м, конвейер останавливался. Лента 1 расчищалась,

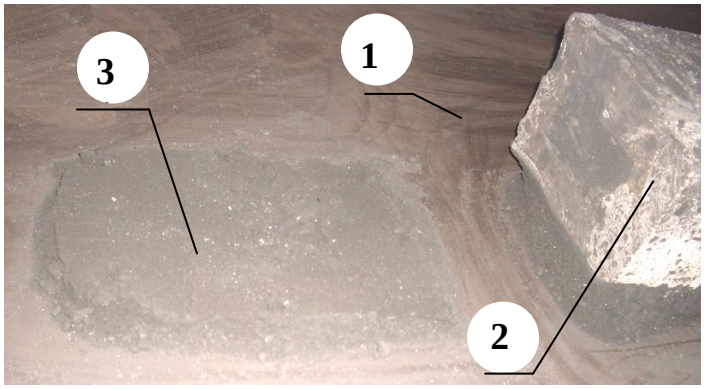


Рис. 1. Подсыпка мелкокусковой фракции под крупный кусок

крупные куски 2 аккуратно снимались с подсыпки 3 (рис. 1). Замер подсыпки осуществлялся штангенциркулем в девяти точках согласно приведенной схеме (рис.2, а).

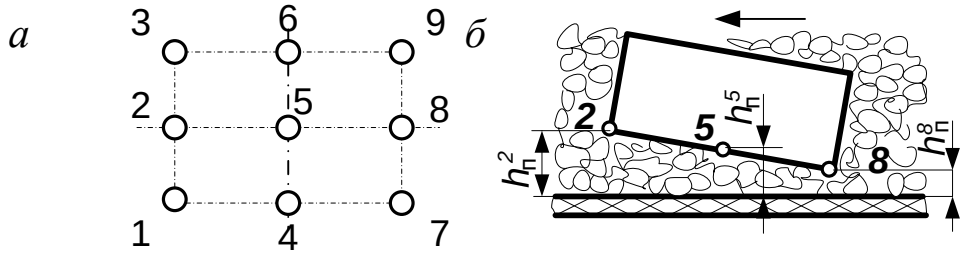


Рис. 2. Схема проведения инструментальных замеров подсыпки на ленте: *а*) вид в плане; *б*) сечение по средней линии куска

В процессе исследований была осуществлена попытка выявить зависимость высоты всплывания крупных кусков от их плотности при прочих равных условия. Оказалось, что высота подсыпки первой по ходу движения грани (точки 2), средней части (точка 5), второй по ходу движения грани (точки 8) (рис. 2, *а*) имеет логарифмическую зависимость от плотности куска и может быть определена следующими выражениями соответственно (рис. 3):

$$h_{п}^{2} = -15{,}6Ln(\rho) + 34{,}8 \qquad R^2 = 0{,}73;$$

$$h_{п}^{5} = -11{,}4Ln(\rho) + 20{,}2 \qquad R^2 = 0{,}75;$$

$$h_{п}^{8} = 4{,}0Ln(\rho) + 7{,}0 \qquad R^2 = 0{,}95.$$

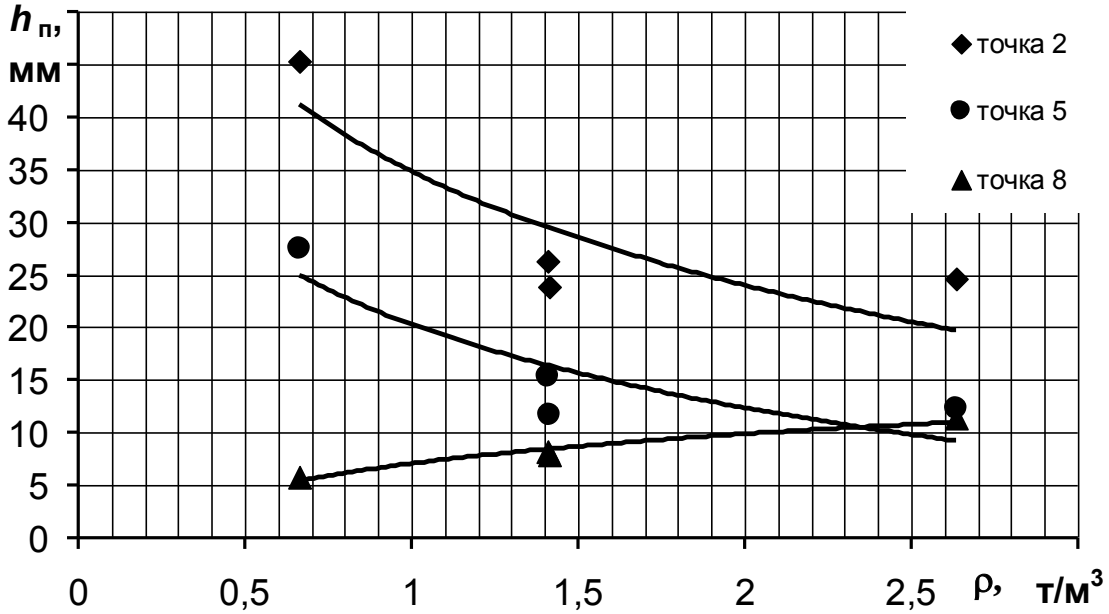


Рис. 3. Зависимость высоты подсыпки от плотности крупных кусков

Распределение подсыпки по ширине куска практически одинаково, по длине куска с явным преимуществом просматривается закономерность поднятия передней по ходу движения грани куска (рис.4).

После прохождения роликоопор в количестве 95 штук высота подсыпки под переднюю по ходу движения грань куска плотностью 1,4 т/м^3 составила 25 мм. Поскольку в начале процесса формирования подсыпки элементы мелкой фракции являются концентраторами напряжений на конвейерную ленту, целесообразно интенсифицировать сегрегацию с помощью специальных устройств, обеспечивающих подъем груза с образованием под ним подсыпки 20–25 мм при прохождении лентой расстояния 2–5 м.

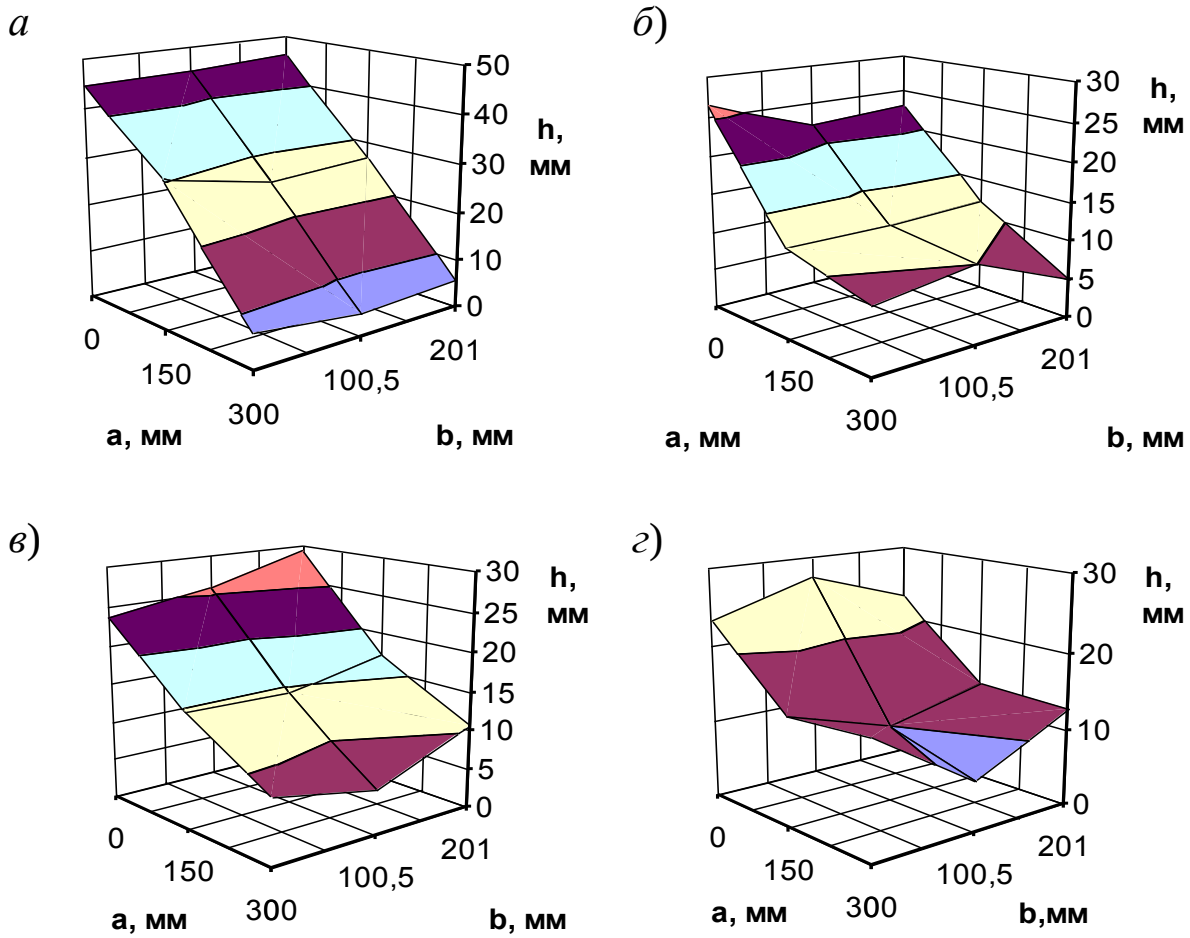


Рис. 4. Распределение подсыпки под крупным куском плотностью: а) 0,6 т/м^3; б) 1,4 т/м^3; в) 1,41 т/м^3; г) 2,6 т/м^3

Список литературы

1. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин [и др.]. – М.: МГГУ, 2005. – 543 с.

УДК 622.232.83.054.52

Л.Е. МАМЕТЬЕВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.А. ХОРЕШОК, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.Ю. БОРИСОВ, ст. преп.
(КузГТУ, г. Кемерово)
В.О. САВРАЕВА, студентка гр. ГЭ-082
(КузГТУ, г. Кемерово)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕВЕРСИВНЫХ КОРОНОК ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Мировой опыт создания и эксплуатации стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия позволил выявить и сформулировать как преимущества, так и недостатки широкого парка технических решений и разработок, используемых в горном деле и подземном строительстве.

К основным преимуществам корончатых стреловидных исполнительных органов относятся:

- возможность реализации селективной выработки неоднородно-структурных забойных массивов, например, углепородных;
- обеспечение широкого спектра форм и сечений проводимых горных выработок, удобных для последующего крепления и прокладки жизнеобеспечивающих коммуникаций;
- расширение области применения проходческой техники на механизацию процессов добычи при камерно-столбовой технологии отработки угольных пластов;
- совмещение процессов разрушения и погрузки горных пород с различными физико-механическими свойствами;
- обеспечение обзорности разрушаемого забоя и призабойного рабочего пространства с улучшением режимов проведения технических осмотров и ремонтов с возможностью беспрепятственного отъезда из призабойного пространства;
- возможность взаимодействия с различными самоходными механизмами и машинами, как напольного, так и подвесного монорельсового расположения при формировании проходческо-очистных механизированных комплексов;

- возможность реализации режимов бурения технологических скважин и образования боковых камер в бортах выработок, а также лунок под крепь и дренажных канавок.

К основным недостаткам проходческих комбайнов избирательного действия, эксплуатируемых в Кузбассе и других регионах РФ являются:

- консольное расположение стреловидных исполнительных органов к базовому корпусу комбайна, приводящее к проблемам потери устойчивости на интенсивных режимах эксплуатации;

- резкое снижение производительности при переходе от угольных компонентов разрушения ($f \leq 2$) к породным ($f \leq 5$-7) в поперечных сечениях забоев неоднородных структур в проводимых горных выработках;

- высокая динамичность, вибрация, шум, запыленность рабочего пространства и низкий срок службы породоразрушающего инструмента, корпусов коронок, погрузочно-транспортирующих элементов различных погрузочных устройств;

- низкая погрузочная способность в прибортовых пространствах, особенно при эксплуатации однокорончатых исполнительных органов нереверсивного действия;

- низкая эффективность дробления негабаритов в призабойном пространстве на почве выработки в зоне приемного стола питателя погрузочного устройства;

- повышенная опасность и аварийность при проходке горных выработок в неустойчивых самообрушающихся забойных массивах и плывунах.

- низкая эффективность режимов забуривания и зарубки в забойный массив коронками исполнительного органа на ширину поперечного захвата очередного цикла проходки.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ разработаны варианты конструкций исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия для проведения горных выработок по углю и смешанному забою с крепкими и абразивными породными прослойками и отдельными включениями. Конструкции исполнительных органов позволяют расширить область применения проходческих комбайнов на разрушение структорно-неоднородных сред забойных массивов горных пород, включая негабариты, причиной появления которых являются процессы отжима и внезапных выбросов угля, породы, газа в призабойных пространствах подземных горных выработок. Один из вариантов исполнительного органа 1 проходческого комбайна (рис. 1) содержит стрелу 1, на которой установлены две разрушающе-погрузочные коронки 2, кинематически связанные между собой через раздаточный редуктор 3.

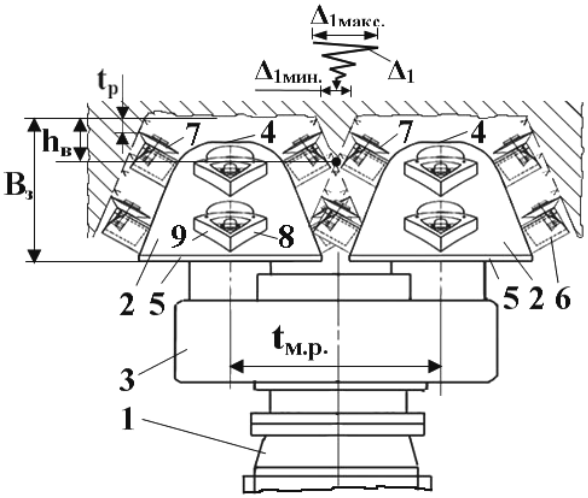


Рис. 1. Двухкорончатый исполнительный орган реверсивного действия

В процессе разрушения забоя, например, вертикально-ступенчатым направлением движения стрелы в межкорончатом пространстве образуется целичок в виде выступа высотой $h_в$, который зависит от межцентрового расстояния $t_{м.р.}$ разрушающе-погрузочных коронок 2 и лабиринтных зазоров в осевом Δ_1 и радиальном Δ_2 направлениях.

Применение нового исполнительного органа [1] позволит обеспечить повышение эффективности погрузки продуктов разрушения из прибортовых зон проходческой выработки без использования ручного труда и сокращение затрат времени на маневровые заезды комбайна.

Процесс дробления негабаритов в межкорончатом пространстве может быть совмещен с разрушением и погрузкой горной массы. При этом в крайних плоскостях вращения разрушающе-погрузочных коронок 2 со стороны их больших оснований 5 траектории движения трехгранных призм 6 с дисками 7 образуют зону геометрического и кинематического сопряжения по хорде. В каждой трехгранной призме 6 на коронке 2 грани 8 и 9 соединены между собой общим ребром и образуют погрузочно-транспортирующие лопасти реверсивного действия с двухгранным углом, лучи которого обращены в сторону забоя симметрично относительно оси вращения коронки.

Конструктивно-кинематическое сопряжение трехгранных призм 6 с дисковыми инструментами 7 по линиям резания в пределах ширины захвата Вз обеспечивает эффективность дробления негабаритов от максимальной величины в зоне меньших оснований 4 разрушающе-погрузочных коронок 2 до минимальных величин в зоне больших оснований 5 (рис. 1).

При проектировании, изготовлении и ремонте радиальных коронок с трехгранными призмами, особое внимание следует уделять конструкции

узлов крепления дискового инструмента к грани, обращенной к поверхности разрушения забоя.

Таким образом, новое техническое по патенту РФ 2455486 на изобретение способствует созданию широкого спектра технологических и технических возможностей по использованию как однокорончатых, так и двухкорончатых исполнительных органов по заявленному вектору расширения функциональных возможностей проходческой техники.

Список литературы

1. Пат. 2455486 Российская Федерация, МПК E 21 C 25/18, E 21 C 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Кузнецов В.В., Мухортиков С.Г. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ). – № 2010141881/03 ; заявл. 12.10.2010 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. – 14 с.

УДК 622.232

М.Ю. НАСОНОВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.Н. ПУТЯТИН, доцент канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В результате выполненных исследований [1,2] установлено, что при эксплуатации шагающих экскаваторов, ведущих разработку взорванных скальных пород, в их металлоконструкциях образуются многочисленные трещины, приводящие к снижению долговечности и катастрофическому разрушению конструкций, которые приводят к огромным материальным затратам.

Для прогнозирования усталостной долговечности на стадии устойчивого роста макротрещины необходимо располагать функциями, определяющих коэффициент интенсивности напряжений (КИН) в вершине трещины.

КИН используется для описания полей механических напряжений у вершины трещины. Поля напряжений у вершины трещины имеет сингулярность вида $1/\sqrt{r}$, где r-расстояние от вершины трещины до точки,

напряжение в которой рассматривается. Другими словами КИН является мерой сингулярности напряжений в окрестности трещины.

Ввиду большой трудоемкости и высокой стоимости проведения натурных экспериментов [3], одним из перспективных направлений по определению параметров трещиностойкости является, конечно-элементное моделирование.

Для образцов принятой формы (рис.1) коэффициент интенсивности напряжений (КИН) определяется с помощью выражения:

$$K_I = \frac{PY}{t\sqrt{W}}, \qquad (1)$$

где:

$$Y = 29.6\left(\frac{l}{W}\right)^{\frac{1}{2}} - 185.5\left(\frac{l}{W}\right)^{\frac{3}{2}} + 665.7\left(\frac{l}{W}\right)^{\frac{5}{2}} - 1017\left(\frac{l}{W}\right)^{\frac{7}{2}} + 639\left(\frac{l}{W}\right)^{\frac{9}{2}}$$

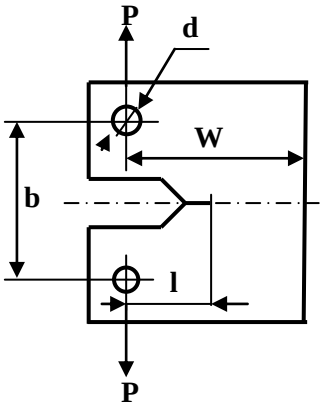


Рис.1. Схема образца

При моделировании образцов при помощи метода конечных элементов учитывалось следующее: ввиду наличия у образца двух плоскостей симметрии, конечно-элементная модель была создана для ¼ части образца, а на плоскостях симметрии записаны соответствующие граничные условия. Поверхность отверстия считалась абсолютно жесткой, осевая сила прикладывалась в центре отверстия (рис. 2).

Результаты расчета коэффициента интенсивности напряжений методом конечных элементов сопоставлены с результатом расчета коэффициента интенсивности напряжений по зависимости (1) и представлены в таблице 1.

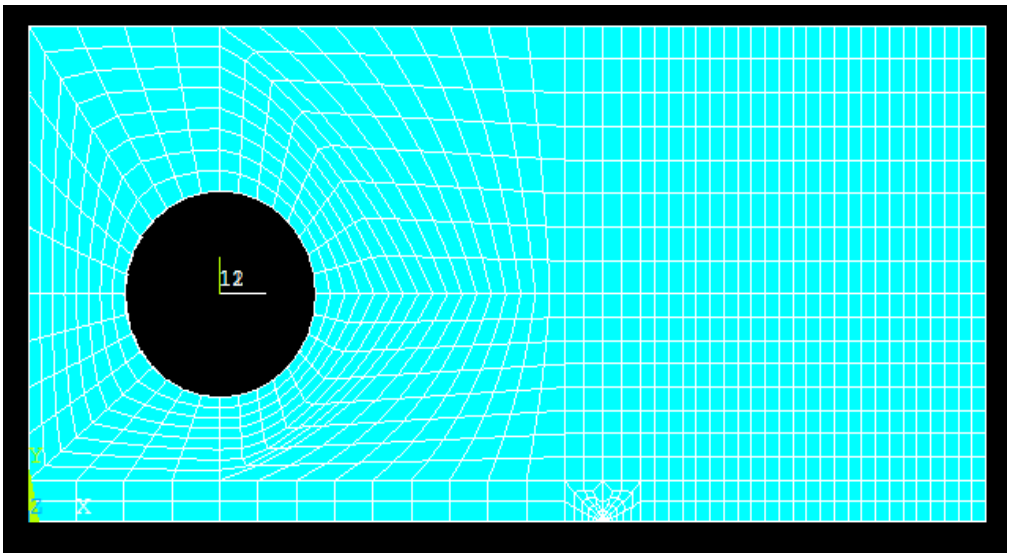


Рис.2. Конечно-элементная модель образца (1/4 часть)

Таблица 1- Результаты расчета K_I образца с односторонним боковым надрезом

Методы расчета	K_I, $МПа \cdot \sqrt{м}$
По формуле (1)	24,22
Методом конечных элементов (метод перемещений)	24,086
Методом конечных элементов (метод J-интеграла)	24,11

На рис. 3 представлены распределение перемещений и распределение коэффициента интенсивности напряжений в образце.

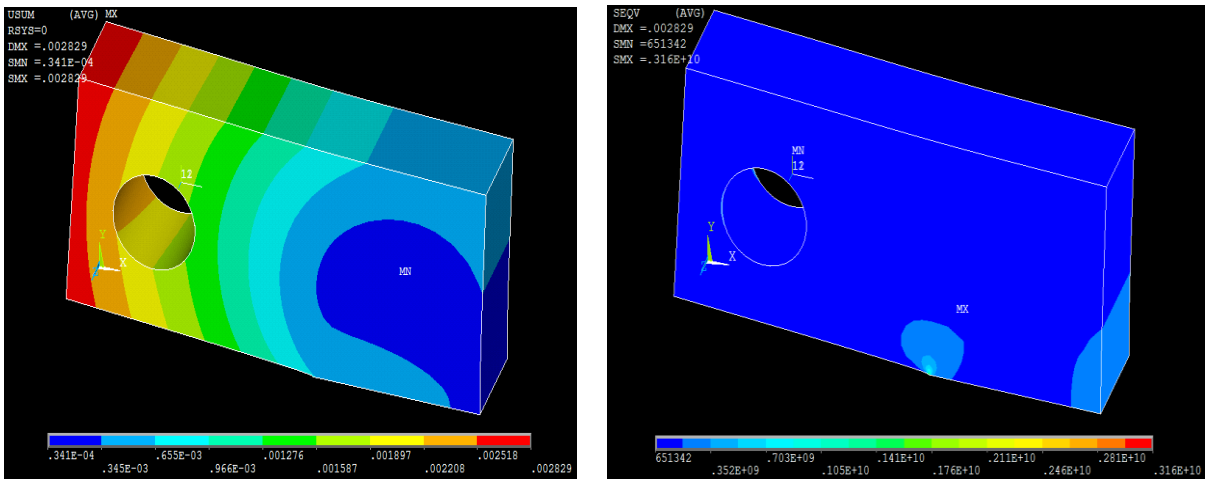


Рис.3. Распределение перемещений, м (слева) и распределение коэффициента интенсивности напряжений в образце, $ПА\sqrt{м}$ (справа)

Из рис.3 видно, что распределения перемещений и коэффициента интенсивности напряжений у вершины трещины качественно

соответствует аналитическому решению, что позволяет считать модели адекватными.

Расхождение полученных значений коэффициентов интенсивности напряжений методом конечных элементов и по формуле (1), не превышает одного процента, что позволяет считать использование метода конечных элементов для определения характеристик трещиностойкости материалов достаточно эффективным.

Список литературы

1. К оценке напряженно-деформированного состояния некоторых сварных металлоконструкций шагающих экскаваторов / А. Н. Путятин [и др.] // Вестник КузГТУ, 2004. - №3. – С. 56-58.
2. Исследование напряженно - деформированного состояния шагающих экскаваторов / А. Н. Путятин [и др.] // Проблемы формирования техногенной геосреды. Материалы Международной научно-практической конференции. Институт горного дела СО РАН. - Новосибирск 28июня - 2 июля 2010.
3. Влияние грансостава взорванных горных пород и температуры окружающей среды на параметры надежности и трещиностойкости металлоконструкций драглайнов / А. Н. Путятин [и др.] // Проблемы формирования техногенной геосреды. Материалы Международной научно-практической конференции. Институт горного дела СО РАН. - Новосибирск 10-13 октября 2007.

УДК 622.684

Д.В. СТЕНИН, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ г. Кемерово)
Н.А. СТЕНИНА, соискатель,
(КузГТУ г. Кемерово)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕС КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ.

Надежность и долговечность любых узлов и агрегатов существенно зависит от их теплового состояния. Состояние масла, уровень его параметров, как показывают исследования, изменяются значительно быстрее, чем наступает отказ техники [1].

Изменение технического состояния редукторов мотор-колес (РМК), как и других агрегатов карьерных автосамосвалов зависит от режимов их работы, которые формируются совокупностью конкретных условий эксплуатации. Влияние всего разнообразия эксплуатационных факторов на надежность РМК карьерных автосамосвалов можно оценивать по показателям их теплового состояния [2].

Данные полученные в результате проведенной исследовательской работы в условиях ОАО «Талдинский угольный разрез» позволили выявить существенную разницу теплового состояния РМК карьерных автосамосвалов в различных условиях эксплуатации.

Корреляционная связь – это связь, проявляющаяся не в каждом отдельном случае, а в массе случаев в средних величинах в форме тенденции.

Простейшей системой корреляционной связи является линейная связь между двумя признаками – парная линейная корреляция.

Практическое ее значение в том, что есть системы, в которых среди всех факторов, влияющих на результативный признак, выделяется один важнейший фактор. Измерение парных корреляций составляет необходимый этап в изучении сложных, многофакторных связей.

Статистическое исследование ставит своей конечной целью получение модели зависимости для ее практического использования.

Изучение множественной корреляционной зависимости начинается с анализа матрицы парных коэффициентов корреляции, что позволяет произвести отбор факторов, включаемых в модель множественной зависимости.

Поэтому, для получения достоверной зависимости, способной отразить малейшее изменение любого из рассматриваемых показателей, необходимо создание многофакторной модели.

Расчеты были проведены по четырем группам автосамосвалов:
I – БелАЗ-75131; II – БелАЗ-75302; III – БелАЗ-75306; IV – все БелАЗы.

Оценка значимости исследуемых параметров (для группы «Все БелАЗы») представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Обобщенная оценка значимости исследуемых параметров для выборки всех БелАЗов.

Параметры	$L_{ег}$, км	i, ‰	$t_{ос}$, °C	$\gamma_{ГР}$	$t_м$, °C
$L_{ег}$, км	–	-0,0511	-0,159	0,012	-0,068
i, ‰	-0,0511	–	0,0826	0,0157	0,162
$t_{ос}$, °C	-0,159	0,0826	–	0,043	0,774
$\gamma_{ГР}$	0,012	0,0157	0,043	–	0,433
$t_м$, °C	-0,068	0,162	0,774	0,433	–

Из табл. 1 видно, что, как и предполагалось ранее, наибольшее влияние на температуру масла в редукторе мотор-колеса оказывают два фактора – это температура окружающей среды и коэффициент использования грузоподъемности.

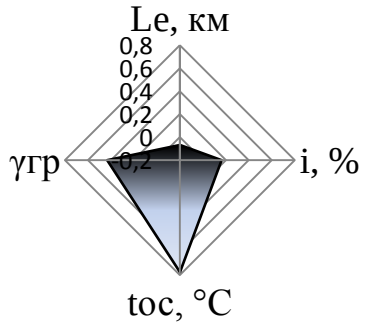


Рис. 1 – Обобщенная оценка степени влияния исследуемых параметров на температуру масла РМК для всех БелАЗов.

Так как температура окружающей среды – это фактор, на который повлиять, или изменить его нельзя, то основной фактор – это коэффициент использования грузоподъемности. Таким образом, оперативное управление этим параметром позволит для любых условий эксплуатации разработать такие рекомендации, при которых ресурс редуктора мотор-колеса и эффективность использования карьерных автосамосвалов будут максимальными. Однако не стоит забывать, что оставшиеся три параметра также оказывают влияние на температуру масла, хоть и незначительное.

Отобранные факторы включаются в модель множественной регрессии.Коэффициенты линейного уравнения регрессии определялись с помощью приложения Microsoft Excel , а далее был выполнен поиск решения.

Общепринятым способом определения неизвестных коэффициентов уравнения регрессии является метод наименьших квадратов, с помощью которого подбирают неизвестные коэффициенты a, b_1, b_2, b_3, b_4 уравнения регрессии (1).

Применительно к исследуемым факторам линейное уравнение множественной регрессии имеет следующий вид:

$$t_{\text{м}} = a + b_1 \cdot L_{\text{ег}} + b_2 \cdot i + b_3 \cdot t_{\text{ос}} + b_4 \cdot \gamma_{\text{гр}}, \quad (1)$$

Неизвестные значения подбираются из условия минимизации суммы квадратов отклонений:

$$S = \sum_{i=1}^{n} [y_i - f(a, b_1, b_2, b_3, b_4)]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Далее измеряется степень тесноты связи и проводится оценка ее существенности.

В результате расчетов и обработки данных получены следующие эмпирические зависимости для определения температуры масла РМК при эксплуатации автосамосвалов в различных условиях. Данные эмпирические зависимости получены для следующих групп: «БелАЗ-75131», «БелАЗ-75302», БелАЗ-75306».

Для группы выборки «Все БелАЗы» уравнение следующее:

$$t_{\text{м}} = 70{,}83 + 27{,}09 \cdot \gamma_{\text{гр}} + 1{,}04 \cdot t_{\text{ос}} + 0{,}38 \cdot L_{\text{ег}} + 1{,}43 \cdot i, \qquad (3)$$

Таким образом, зная зависимость продолжительности простоя автосамосвалов в ремонте $Д_{рем}$(по причине отказа редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов БелАЗ) от температуры масла в РМК $t_м$, с помощью представленных уравнений можно получить зависимость: $Д_{рем} = f(\gamma_{гр})$.

И, таким образом, определить наиболее рациональный коэффициент использования грузоподъемности, при котором продолжительность простоев в ремонте и затраты на ремонт будут минимальными, а производительность карьерных автосамосвалов – максимальной.

Список литературы

1. Мариев, П. А. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. А. Мариев, А. А. Кулешов, А. Н. Егоров, И. В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
2. Богданов, С. А. Разработка метода определения изменения технического состояния агрегатов трансмиссии автомобилей по показателям их теплового состояния // Автореф. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Харьков, 1987. – 23 с.
3. Ефимова, М. Р. Практикум по общей теории статистики: учебник / М. Р. Ефимова, О. И. Ганченко, Е. В. Петрова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.

УДК 622.242.27

С.Ю. КРАСНОШТАНОВ, доцент, канд. техн. наук\
(НИ ИрГТУ г. Иркутск)
А.В. ЧЕМЕЗОВ, доцент, канд. техн. наук
(НИ ИрГТУ г. Иркутск)
А.А. СЫРОМЯТНИКОВ, аспирант
(НИ ИрГТУ г. Иркутск)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОВОГО СТАНКА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Наибольшее применение на угольных разрезах РФ получил шарошечный способ бурения взрывных скважин, которым выполняется до 67,5%, всех объемов бурения (шнековым – около 31% и ударным менее 2%).

Стоимость производства буровых работ на открытых разработках колеблется в пределах 16-36% общей стоимости выемки 1 т горной массы. В свою очередь, расходы на проведения БВР складываются из расходов на ВВ – 45-50% и на эксплуатацию станка – 40-45% [2].

Анализ технических характеристик буровых станков отечественного и зарубежного производства позволил выявить основные требования к буровым станкам:

1. Современные мощные драглайны, работающие на угольных разрезах, отрабатывают нижним черпаньем породу с глубины 55-60 м – это и определяет требования к способности станка бурить скважину на всю глубину подобного уступа, которая с учетом перебура и угла наклона скважины, может составлять 75-80 м (табл.1).

Таблица 1- Сравнение буровых станков по глубине бурения

Глубина бурения, м	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**
Caterpillar			39,6					85,2	
P&H Mining Equipment						60		85	
Atlas Copco	15,2						73,2		
Sandvik-Tamrock	17							85	
Shram			38						91,5
Рудгормаш			32			60			
Бузулутский ЗТМ				40		60			
ИЗ-КАРТЭКС (ОМЗ)			32-34						

2. На открытых горных работах применяется направленное бурение скважин параллельно откосу уступа, что улучшает равномерность

дробления массива. Станки наклонного бурения скважин, как правило, имеют увеличенную массу и крутящий момент вращателя бурового става по сравнению со станками предназначенными для бурения только вертикальных скважин.

3. С точки зрения минимизации удельных затрат на взрывную подготовку горного массива за счет увеличения выхода взорванной массы с 1 м скважины, целесообразно увеличение диаметра скважины по крайней мере до величины, при которых еще продолжает расти скорость детонации взрывчатых веществ, т.е. до 270-320 мм (табл.2).

4. Увеличение диаметра скважины вызывает резкое увеличение массы станка.

Таблица 2 - Сравнение буровых станков по диаметру бурения [1]

Диаметр скважины, мм	**100**	**150**	**200**	**300**	**400**	**500**
Caterpillar		152			444	
P&H Mining Equipment			204			559
Atlas Copco	102					406
Sandvik-Tamrock	127			381		
Рудгормаш		160	270	311		
Бузулутский ЗТМ			200-250			
ИЗ-КАРТЭКС (ОМЗ)				350	450	

5. Для увеличения маневренности стали применяться буровые станки с дизельным приводом.

6. Стоимость станка достигает 2-2.2 млн. дол. (удельная стоимость достигает до 840 тыс.руб./т станка зарубежного производства), что сдерживает обновление станочного парка и увеличивает затраты на ремонт и обслуживание старой техники (табл. 3).

Таблица 3 - Технико-экономические характеристики буровых станков [1, 2]

Модель станка, изготовитель	Стоимость поставки,		Диаметр бурения, мм	Глубина бурения, м	Тип привода	Масса станка, т
	тыс.дол.*	млн.руб.**				
DM-45 (Atlas Copco)	1000	30	149-229	53,3	дизель	41
DML (Atlas Copco)	1121	33,63	149-270	62,5	дизель	50
PV-271 (Atlas Copco)	2360	70,8	171-270	32	дизель	84
ЗСБШ-200-60 («БЗТМ»)	720-760	21,6-22,8	200-250	60	электрический	62
СБШ-160/200- 40 (ОАО «Рудгормаш»)	640-680	19,2-20,4	160-215	40	электрический, дизель	50
СБШ-250 МНА – 32 (ОАО «Рудгормаш»)	1000-1150	30-34,5	250-270	32, 47	электрический	85-90
СБШ-270 ИЗ (ОАО «Ижорские заводы»)	1800-2000	54-60	250-270	32	электрический	136

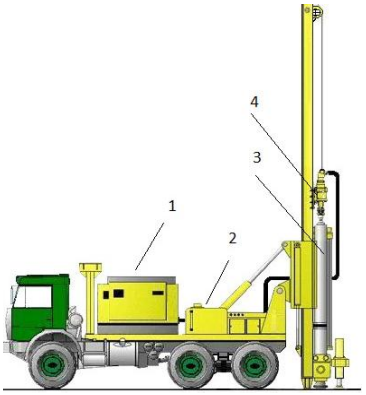
* - цены указаны в долларах 2007 года (с учетом НДС).
** - цены приведены к 2012 г., курс 1 дол.=30 руб.

Технологический процесс бурения взрывных скважин по уровню удельных затрат не соответствует современным требованиям к экономии ресурсов и энергосбережению. Себестоимость 1 м скважины колеблется от 87 до 330 руб., достигая в крепких породах 400-500 руб., а стоимость машино-часа работы станка от 1000 до 2300 руб.

К снижению экономичности бурения привела совокупность таких факторов как значительное удорожание сложных шарошечных долот и станков, рост тарифов на электроэнергию, нестабильность качества шарошечных долот, выпускаемых многими вновь организованными заводами с неустоявшейся технологией производства. Ослаблено внимание к правильному выбору типов и режимов эксплуатации буровых долот, на которые приходятся основные (до 65-70 %) расходы на бурение [3].

В свете вышесказанного шарошечные станки и шарошечные долота уже достигли своего технического совершенства, и как показывает практика, повышение производительности и другие преимущества автоматизации и компьютеризации современных буровых станков «съедаются» энергетическими и материальными затратами, связанными с увеличением их веса и габарита. Все это говорит о том, что шарошечные станки как вид техники вступил в фазу старения. Таким образом, исходя из анализа хода развития научно-технического прогресса, можно сделать вывод, что современные шарошечные станки неминуемо должны уступить место буровым станкам нового поколения, которые обеспечивают увеличение производительности в 2-3 раза и способны бурить скважины диаметром 400-500 мм без увеличения их габарита и веса при любых горно-геологических условиях и быть более эргономичными и экологически чистыми.

Предлагаем создать буровой станок, использующий электроимпульсный способ бурения [5] на колесной базе (рис.1). Для создания опытного образца предлагается использовать буровые установки для колонкового бурения, дополнив их генератором импульсного напряжения (ГИН) и если необходимо генератором переменного тока мощностью 15 кВт с номинальным напряжением 380 В.



1 – генератор импульсного напряжения и генератор переменного тока; 2 – бак с промывочной жидкостью и буровой насос; 3 – штанга (труба); 4 – высоковольтный ввод

Рис.1. Схема бурового станка для бурения взрывных скважин

Электроимпульсный (ЭИ) способ эффективен для бурения

скважин любого сечения и профиля в особо крепких горных породах и мерзлых грунтах. Породоразрушающим устройством является система электродов и распределение разрядов по площади забоя происходит автоматически без вращения устройства. Это позволяет придавать скважине за счет соответствующей конструкции породоразрушающего инструмента любую произвольную форму сечения - круглую, прямоугольную, щелевую, кольцевую и т.д. и профиль забоя – прямой, конический, ступенчатый. Имеется возможность изменения диаметра скважины по мере ее бурения. Электроимпульсное бурение отличается исключительно малым износом бурового инструмента и допускает его изготовление из обычных конструкционных сталей. Рабочим инструментом ЭИ по существу является искра и в отличие от механических способов не требуется прилагать к инструменту каких-либо значительных усилий - достаточно лишь обеспечивать контакт инструмента с массивом [7, 8, 9].

Основные расчетные технико-экономические показатели инновационного станка электроимпульсного бурения приведены в табл.4.

Таблица 4 - Технико-экономические характеристики бурового станка [9]

Модель станка, изготовитель	Стоимость поставки,		Диаметр бурения, мм	Глубина бурения, м	Тип привода	Масса станка, т
	тыс.дол.*	млн.руб.**				
СБЭИ*-500-80	200-250	6-7,5	до 500	80	электрический	18

* СБЭИ – станок буровой электроимпульсный

Для оценки эффективности разработки данного станка используем показатель себестоимости бурения 1 погонного метра скважины (при заданном диаметре скважины).

В структуре себестоимости бурения необходимо различать следующие основные элементы затрат:

- фонд оплаты труда (ФОТ), в целом ФОТ составляет 20-25% от общей величины затрат на бурение;
- затраты на буровой инструмент (с увеличением крепости горных пород увеличивается от 5-10% до 25-30%);
- стоимость расходуемых энергоносителей (до 20%);
- затраты на ремонт и содержание станка (10-30%);
- амортизационные отчисления (25-30%).
- тарифы на электроэнергию и другие энергоносители и т.д.

При этом надо учитывать большое разнообразие и разнотипность факторов, оказывающих влияние на формирование себестоимости бурения скважины, результатом чего является значительная разница, как в плановой, так и в фактической себестоимости бурения.

Результаты расчетов плановых показателей приведены на рис.2 и 3, из которых можно сделать следующие выводы:

1. Новый станок теоретически позволяет получить большую скорость бурения горных пород с крепостью более *f*>10 (по шкале проф. Протодьяконова М.М.).

2. Стоимость бурения 1 погонного метра скважины при крепости горных пород *f*=16-18 ниже по сравнению со стоимостью бурения станком СБШ-250 МНА-32 на 60-70% и составляет 223,3-266,7 руб./м по сравнению 354,7-443,4 руб/м при шарошечном бурении. Это достигается за счет:

экономии на шарошечных долотах; энергоёмкость процесса бурения в 4 раза ниже, чем при шарошечном бурении.

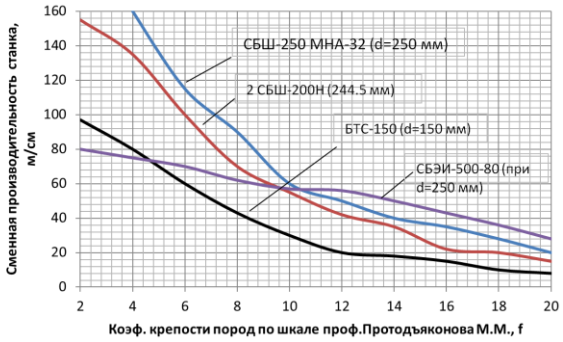


Рис. 2. Зависимость сменной производительности буровых станков от крепости пород

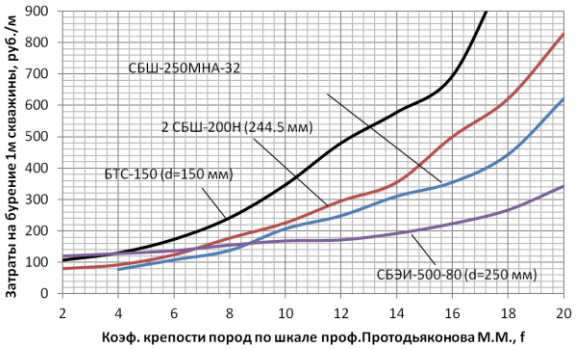


Рис. 3. Зависимость себестоимость бурения от крепости пород

Основными достоинствами способа являются:

1. Технико-экономические показатели ЭИ способа бурения определяются электрофизическими и упругими свойствами горных пород и не зависят от ее твердости и абразивности. Это открывает перспективы при использовании способа для бурения крепких и весьма крепких пород, где другие способы менее эффектны.

2. Способ передачи электрической энергии на забой скважины – один из самых экономичных. Преобразование электрической энергии накопителя в механическую энергию разрушения происходит непосредственно в разрушаемой породе без каких-либо промежуточных преобразований.

3. Отсутствует необходимость вращения снаряда – это исключает потери энергии на трение.

4. Разрушение гонных пород происходит под действием динамических усилий растяжения, возникающих при выделении энергии в канале пробоя. Это – благоприятные условия для снижения энергоемкости

процесса, т.к. прочность горных пород при растяжении в 10 – 30 раз ниже, чем на сжатие.

5. Рабочим инструментом, разрушающим породу, является электрическая искра, сформированная внешним источником в горной породе. Поэтому практически отсутствует износ породоразрушающего инструмента (кроме эрозии). В существующих способах в себестоимости бурения – до половины затрат приходится на породоразрушающий инструмент.

Список литературы:

1. Решетняк С.П., Паладеева Н.И. Основные направления развития техники для бурения взрывных скважин открытых горных работах // Горная техника. – 2011 – С. 3-8.
2. Подэрни Р.Ю. Станки вращательного бурения на угольных разрезах. // Бетон и железобктон. – 2008 – С.48-57.
3. Нехорошев Д. Б. Обоснование и выбор рациональных параметров технологического процесса шарошечного бурения в условиях карьера : на примере карьеров ОАО "Ачинский глиноземный комбинат": автореферат диссертации на соискание учен. степени кандидата техн. наук: (05.05.06) / Иркут. гос. техн. ун-т. - Иркутск, 2007. - 26 с.
4. Обобщенная прогозная оценка себестоимости бурения взрывных скважин и шпуров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) - 2011. № 6. – С.199-206.
5. В.И. Брылин. Бурение скважин специального назначения: Учебное пособие.–Томск: Изд–во ТПУ, 2006.– 255 с.
6. Федоров А.Н. Буровой станок нового поколения: концепция. –
7. RU 2010152925. Электроимпульсный способ бурения скважин и буровое долото. Муратов В.М., Важов В.Ф. и др. - Режим доступа: http://www.fips.ru.
8. RU 96120954 A. Электроимпульсный способ бурения скважин и буровая установка. Адам А.М. Важов В.Ф. - Режим доступа: http://www.fips.ru.
9. Будников А.А. Анализ технических и других факторов, определяющих себестоимость электроимпульсного бурения скважин: Дис. канд. техн. наук / ТПИ. - Томск.: - 1968. - 250 с.

УДК 622.271.0025(075.8)

И.А. ПАНАЧЕВ, профессор, докт.техн.наук
(КузГТУ, г.Кемерово)
А.А. ЧЕРЕЗОВ, заведующий лабораторией
(КузГТУ, г.Кемерово)

МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МЕХЛОПАТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЗОРВАННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Одной из важных проблем при разработке взорванных горных пород при транспортной системе является выбор оптимальных режимов эксплуатации экскаваторов, определяющих долговечность, эксплуатационную производительность и экономическую эффективность. Одним из путей к решению названной проблемы является вычисление функции надежности экскаваторов.

В настоящее время актуальной является физическая теория надёжности экскаваторов-мехлопат, которая основывается на теории вероятностей, математической статистике и моделях физических явлений, вызывающих возникновение отказов экскаваторов.

Основной причиной отказов металлоконструкций экскаваторов-мехлопат является многоцикловое усталостное разрушение, являющееся следствием механического циклического нагружения, элементы конструкций которых подвержены нерегулярному нагружению, имеющему случайный характер. Принципиальная невозможность описания детерминистическими зависимостями закона нагружения экскаваторов и недостаточная изученность кинетики усталостного разрушения при нерегулярном воздействии представляют главные трудности при достижении основного назначения теории надёжности экскаваторов-мехлопат – вычисление функции надежности.

С этой целью на разрезах Кузбасса (Кедровский, Томусинский, Бачатский) были проведены натурные тензометрические эксперименты на экскаваторах-мехлопатах ЭКГ-8, ЭКГ-10, ЭКГ-12, ЭКГ-12,5, ЭКГ-15, разрабатывающих взорванные горные породы. Взрывная подготовка пород к выемке проводилась согласно «Временной методики расчета параметров взрывной отбойки пород на угольных разрезах», разработанной на кафедре открытых горных работ КузПИ и утверждённой АН СССР.

При проведении натурных исследований использовался экспериментально-вычислительный центр, состоящий из восьмиканальной тензостанции А17- Т8, фольговых тензорезисторов 2ФКРВ-3х400,

экранированного кабеля НВПЭ, сварочного аппарата для точечной сварки, который использовался для приварки металлической подложки тензорезисторов, предварительного усилителя ZET410, аналого-цифровой преобразователя E14-140D, усилителя напряжения для тензомоста LP-04. Запись измеренных сигналов осуществляаось с помощью программного обеспечения PowerGraph v.3.3.6 Professional и Zetlab.

В виду того, что описание процесса нагружения экскаватора в дальнейшем будет использоваться для оценки показателей кинетики дефектов металлоконструкций мехлопат, из осциллограмм были выделаны только экстремумы, так как рост усталостной трещины не зависит от промежуточных значений напряжений между минимумом и максимумом циклов закона нагружения.

В результате обработки экспериментальных данных методами математической статистики было установлено, что коэффициент нерегулярности находится в диапазоне 0,82÷0,86, а параметры цикла напряжений, действующих в элементах конструкций мехлопат, наилучшим образом описываются смещенным распределением Эрланга 2-го порядка (по критерию согласия Пирсона уровень значимости 8÷12%; Колмогорова-Смирнова – 10÷14%) [3]:

$$f(\sigma_\pi) = \frac{\sigma_\pi - c_{\sigma_\pi}}{b_{\sigma_\pi}^2} \cdot \exp\left[-\frac{\sigma_\pi - c_{\sigma_\pi}}{b_{\sigma_\pi}}\right], \ \sigma_\pi \geq c_{\sigma_\pi}, \qquad (1)$$

где σ_π – обобщённый параметр цикла напряжений; c_{σ_π} – параметр сдвига распределения вероятностей; b_{σ_π} – параметр масштаба распределения вероятностей.

Это даёт основание применять модель Эрланга для описания нерегулярного нагружения элементов металлоконструкций экскаваторов-мехлопат, разрабатывающих взорванные горные породы разрезов Кузбасса.

Для изучения закономерностей кинетики усталостных трещин при эксплуатационной структуре нагружения элементов конструкции экскаваторов-мехлопат при разработке взорванных горных пород разрезов Кузбасса была спроектирована и изготовлена электрогидравлическая испытательная машина с управлением от цифро-аналогового преобразователя.

Для достижения идентичности закономерностей роста усталостной трещины в лабораторных и эксплуатационных условиях, согласно результатам работ В.В. Болотина, А.Б. Злочевского, А.С. Гусева, необходимо, чтобы в двух этих условиях были одинаковыми вид (тип) распределения параметров циклов нагружения и коэффициент нерегулярности (т.е. структура процесса нагружения) [1].

С практической точки зрения представляет интерес прогнозирование роста усталостных трещин при эксплуатационном нагружении. Для этого была использована модель Черепанова, описывающая рост усталостных трещин при регулярном нагружении. В среде MATLAB осуществлено математическое моделирование с помощью этой модели. После обработки данных, полученных экспериментально и с помощью математического моделирования, было проведено сравнение скоростей роста усталостных трещин для анализа адекватности предлагаемой модели. Сравнение показало, что модель Черепанова даёт несколько выше оценку, чем экспериментальные данные. Следовательно, представляется возможность применять модель Черепанова для консервативной оценки параметров роста усталостных трещин при нерегулярном нагружении элементов металлоконструкций экскаваторов-мехлопат.

Экспериментально обоснованная возможность применения моделей Эрланга и Черепанова для описания динамических процессов мехлопат позволяет использовать их в методике оценки надёжности элементов конструкций мехлопат при разработке взорванных горных пород [2].

Следуя работам акад. Болотина В.В. задача об определении функции надёжности элемента конструкции экскаватора-мехлопаты, содержащего дефект, будет иметь вид:

$$\hat{H}(t|T_k) = \hat{\mathrm{H}}\left\{\mathrm{K}_{\max}\left(\sigma_{\pi}(\tau)\right) \le \mathrm{K}_{\mathrm{fc}}\right\} \qquad (2)$$

где $\hat{\mathrm{H}}\{\cdot\}$ – статистическая оценка вероятности случайного события, описание которого дано в фигурных скобках; K_{max} –максимальное значение коэффициента интенсивности напряжений цикла нагружения; K_{fc} – циклическая трещиностойкость; τ – время.

В этой методике процесс нагружения экскаватора описывает оператор «максимальное и минимальное напряжения цикла нагружения», который базируется на модели Эрланга. Процесс роста дефектов в металлоконструкциях мехлопат описывает оператор «определение приращения усталостной трещины», основанный на модели Черепанова. Таким образом, разработанные модели позволяют определять оптимальные режимы эксплуатации экскаваторов-мехлопат, что позволяет повысить долговечность, эксплуатационную производительность и экономическую эффективность использования экскаваторов-мехлопат.

Список литературы:

1. Паначев И.А. Кинетика дефектов конструкций мехлопат при разработке взорванных пород на разрезах Кузбасса/ И.А. Паначев, А.А. Черезов// Материалы Международной научной конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека». – Екатеринбург, 2012. – С. 56-59

2. Черезов А.А. Моделирующий алгоритм для получения функции надёжности элементов конструкций экскаваторов-мехлопат//Уголь. – 2011. – №1.–С.48-50.

3. Черезов А.А. Структурный анализ процесса нагружения элементов конструкций мехлопат//Уголь. – 2011. – №2.–С.51-52.

УДК 622.621.311.21

В.В.АКСЁНОВ, профессор, д-р техн. наук
(Институт угля СО РАН, г.Кемерово),
Р.В.ЧЕРНУХИН, ст.преподаватель
(Юргинский технологический институт НИ ТПУ, г.Юрга)

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГЕОХОДА

Принципиально новый подход к проходке тоннелей и горных выработок предложен авторами геовинчестерной технологии. В настоящее время активно ведутся работы по разработке геохода нового поколения и его систем. Базовым функциональным элементом данной технологии является геоход [1].

Главными отличиями геоходов от существующих горнопроходческих систем являются:

- использование геосреды для перемещения и создания напорных усилий на исполнительном органе;
- оригинальная компоновочная схема геохода;
- наличие новых функционально-конструктивных устройств и элементов, ранее не применявшихся в горнопроходческом оборудовании;
- осуществлении всех операций проходческого цикла в совмещенном режиме.

На сегодняшний день в области геовинчестерной технологии проведена обширная исследовательская работа.

Натурные и стендовые испытания первых экспериментальных образцов геохода доказали работоспособность нового класса проходческих машин [1].

На сегодняшний день определены параметры [2] исполнительных органов, применение которых создает предпосылки к уменьшению удельной энергоёмкости разрушения породы. Определены графические зависимости, отражающие зависимость главных напряжений на поверхности взаимодействия (ПВ) исполнительного органа геохода с породой забоя *от отношения* геометрических характеристик (рис. 1).

Определены возможные схемы трансмиссии геохода с передачей крутящего момента с помощью волновой передачи с промежуточными

телами качения (ВППТК). Разработана математическая модель [3] взаимодействия геохода с геосредой, учитывающая одновременное перемещение двух секций геохода с непрерывной подачей на забой и позволяющая определить момент вращения M_{BP}, радиус навивки $R_{НАВ}$ и тяговой усилие P_T

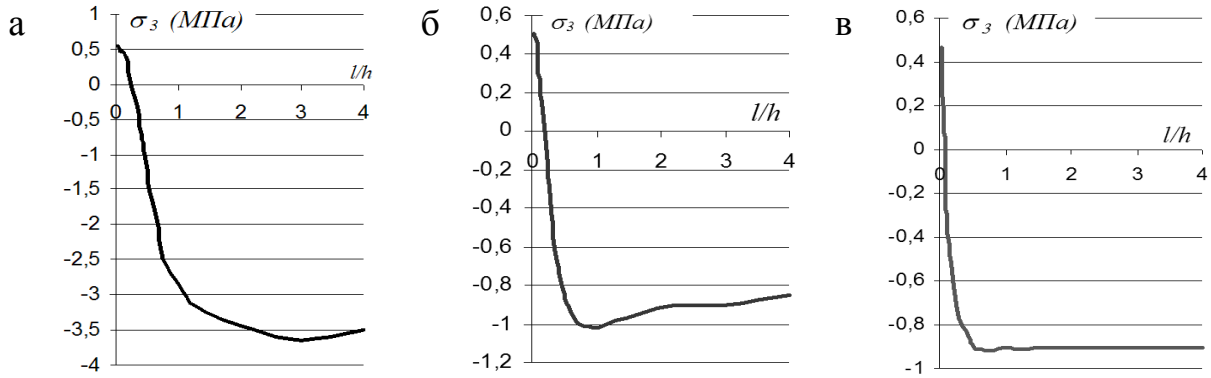


Рис. 1. Графики зависимостей главных напряжений σ_3 от относительного расстояния между уступами.

а) области внутренней кромки, б) средняя часть ПВ, в) в области внешней кромки

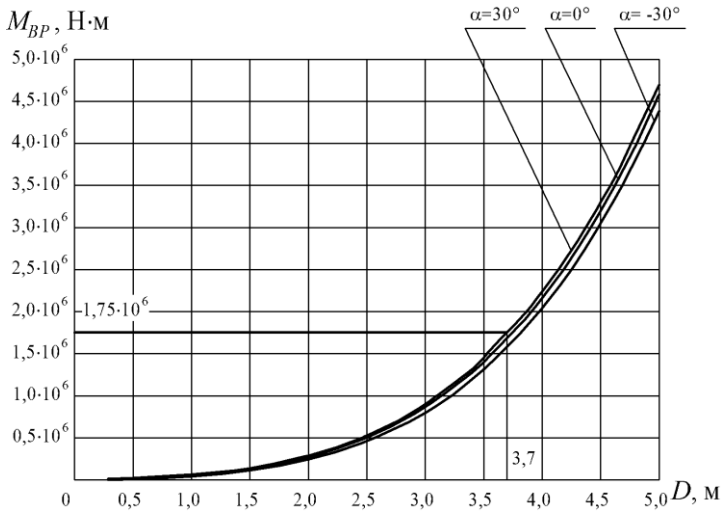


Рис. 2. Влияние диаметра геохода D на величину необходимого вращающего момента M_{BP}

Описан принцип работы трансмиссии с гидроцилиндрами в разных фазах выдвижения, получены аналитические выражения для определения силовых, кинематических и конструктивных параметров трансмиссии геохода с гидроприводом [4].

Получены зависимости влияния конструктивных параметров (диаметр поршня) и количества гидроцилиндров на величину развиваемого

трансмиссией вращающего момента для заданного диаметра головной секции геохода ($D_{ГС}$) и величины давления в гидросистеме – p_{TP} (. 3).

Однако остались и нерешенные задачи. Как и в любом движущемся агрегате, в геоходе для привода исполнительного органа и обеспечения требуемого усилия на внешнем движителе требуется источник энергии или энергосиловая установка (ЭСУ).

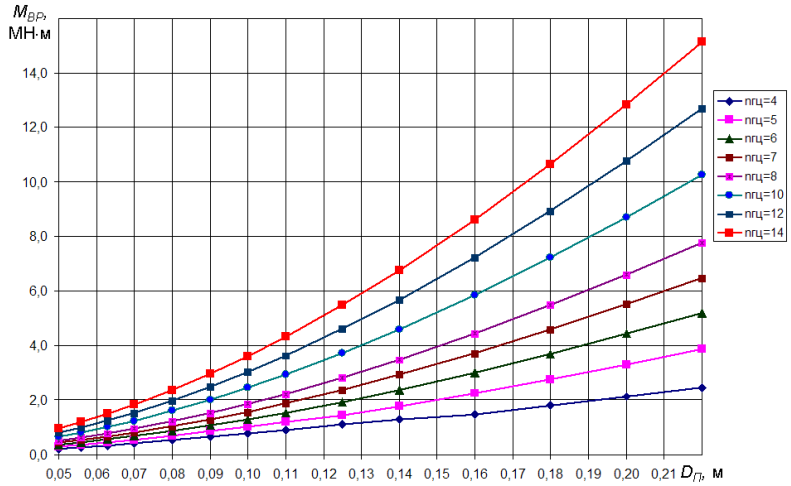


Рис. 3. Зависимости развиваемого трансмиссией вращающего момента от количества гидроцилиндров $n_{гц}$ и диаметра поршня D_n

Для разработки ЭСУ геохода необходимо точно сформулировать требования к ней, что на сегодняшний день не сделано. Новизна конструкции геохода обуславливает необходимость разработки различных вариантов схемных и конструктивных решений энергосиловой установки. Также отсутствуют данные о влиянии условий эксплуатации (размеры горной выработки, углы проходки) и других факторов на технические характеристики ЭСУ.

Отсутствие исследований по определению параметров ЭСУ являются сдерживающим фактором в создании экспериментальных образцов геохода нового поколения. Поэтому работы, направленные на создание энергосиловой установки геохода являются актуальными.

Целью проводимых исследований является обоснование параметров энергосиловой установки геохода. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить основные требования к ЭСУ геоходов;
2. Разработать компоновочные схемы и конструктивные решения ЭСУ геоходов;
3. Разработать математическую модель взаимодействия элементов геохода
4. Определить влияние различных факторов на параметры ЭСУ.

Список литературы

1. Аксенов, В.В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. – 264 с., ил.
2. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Обоснования формы забоя выработки геохода // Сборник трудов Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20- 21 мая, 2010 г. / ЮТИ. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. - С.492-496.
3. Моделирование взаимодействия корпуса носителя геохода с геосредой / В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков, В.Ю. Тимофеев, М.Ю. Блащук // Горный информационный аналитический бюллетень. Горное машиностроение / Москва, МГГУ, 2010 – ОВ №3. С. 41-48.
4. Блащук М.Ю. Определение влияния различных факторов на неравномерность вращающего момента трансмиссии геохода с гидроцилиндрами / Материалы международной конференции «Форум горняков – 2011». – Д.: Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», 2011. – С. 190-196.

УДК 622.285

Г.Д. БУЯЛИЧ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Ю.А. АНТОНОВ, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
К.Г. БУЯЛИЧ, ст. преподаватель, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
М.В. КАЗАНЦЕВ, студент
(КузГТУ, г. Кемерово)
В.М. РИМОВА, студент
(КузГТУ, г. Кемерово)

О МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРЕПИ С КРОВЛЕЙ

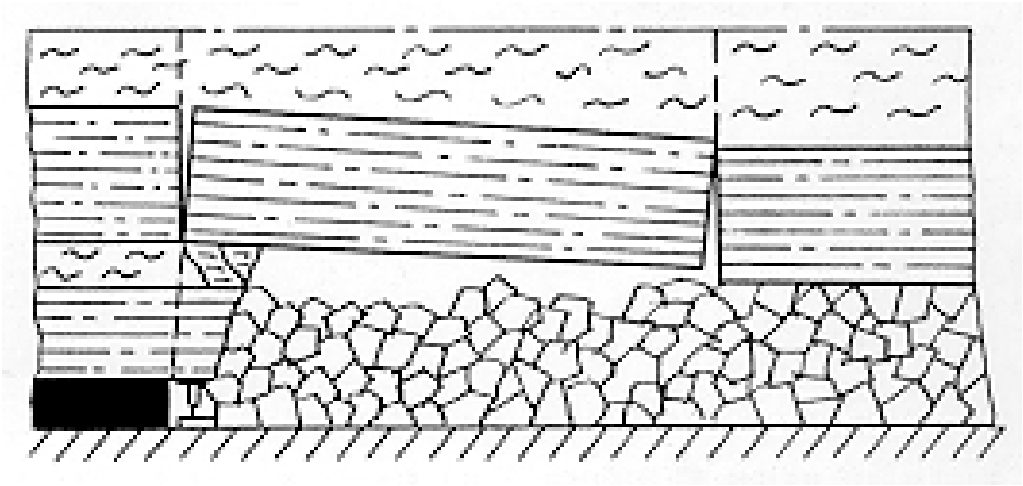
Исследованиями ряда авторов установлено, что при взаимодействии механизированных крепей с боковыми породами характер проявления вторичных осадок кровли может быть одностадийным и двустадийным [1].

Первый сопровождается беспорядочным обрушением пород непосредственной кровли сразу за перекрытием крепи. Вышележащие породы основной кровли нагружены напряжениями изгиба и при определенных условиях разрушаются над линией забоя. Такой механизм

разрушения кровли характерен для легкоуправляемых кровель и сопровождается умеренными вторичными осадками (рис. 1, а).

При двустадийном обрушении сначала обрушаются нижние слои прочных пород основной кровли, что проявляется в виде весьма интенсивных осадок, а затем вышележащие слои. Такой механизм сдвижения пород характерен для трудноуправляемых кровель (рис. 1, б).

а



б

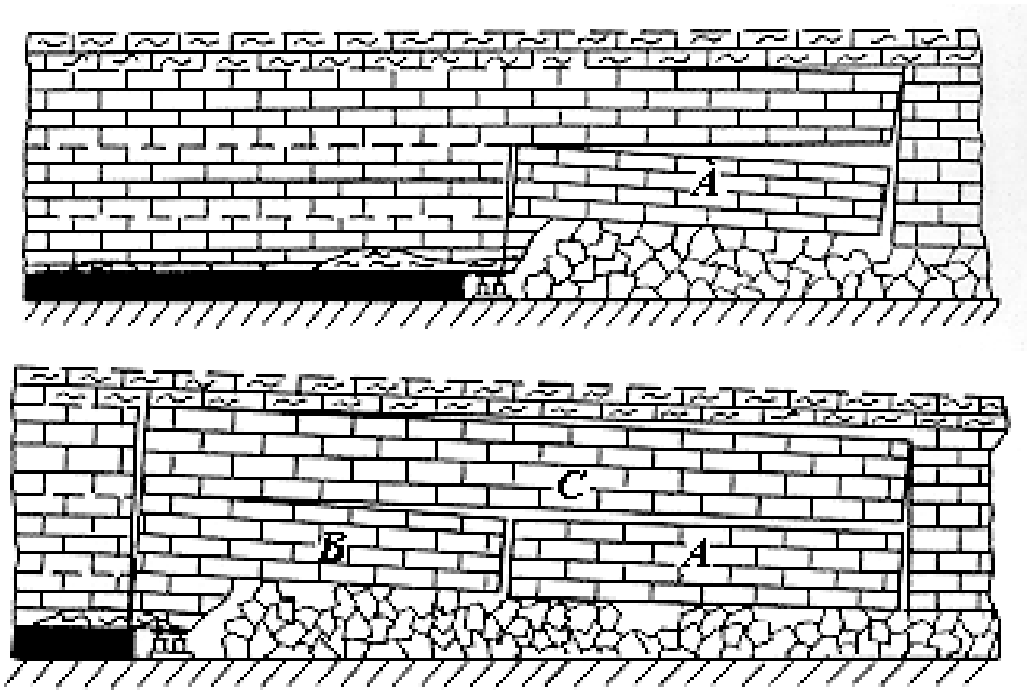


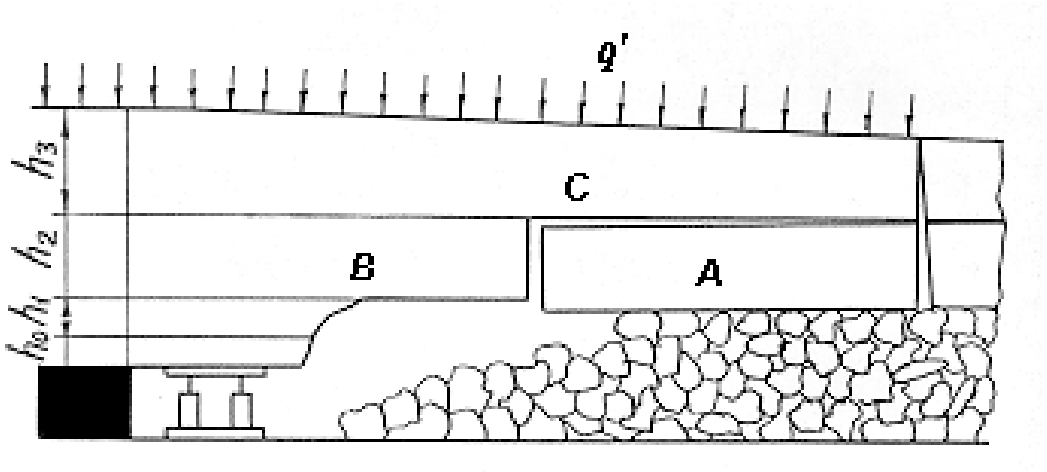
Рис. 1. Характер деформации подработанной толщи при одностадийном (а) и двустадийном (б) проявлении вторичных осадок

Решение задачи о возможных параметрах динамического нагружения крепи разработано еще недостаточно, однако, путем синтеза процесса возможно приближенно оценить характер воздействия пород кровли на крепь в периоды проявления резких осадок.

На рис.2, а изображена исходная схема двустадийного обрушения, согласно которой два слоя основной кровли $\mathbf{h_2}$ и $\mathbf{h_3}$ пригружены равномерно распределенной нагрузкой $\mathbf{q'}$ от вышележащих пород. На схеме изображен момент, предшествующий обрушению блока **В**, т. е. момент, предшествующий проявлению интенсивной осадки.

На рис. 2, б приведена расчётная схема, на которой консоли кровли защемлены над линией забоя, а на расстоянии **а** от забоя приложена реакция крепи $\mathbf{R_{кр}}$.

а



б

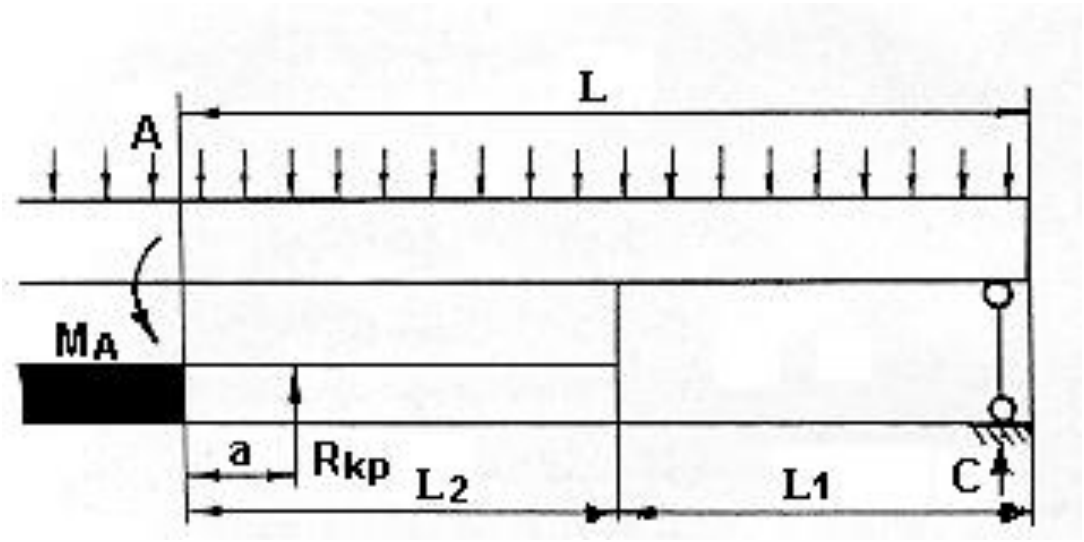


Рис. 2. Исходная (а) и расчётная (б) схемы деформирования слоев основной кровли

Г. Н. Кузнецовым определено, что коэффициент пригрузки на слой $\mathbf{h_2}$ со стороны слоя $\mathbf{h_3}$ может быть принят **0,35**, а на слой $\mathbf{h_3}$ со стороны вышележащих пород – **0,1**. С учетом сказанного, по формулам сопротивления материалов Ю. А. Коровкиным определены пролеты балок **А**, **В** и **С** в различные периоды разрушения кровли.

Для определения характера и интенсивности динамического воздействия на крепь со стороны кровли в периоды весьма интенсивных осадок рассмотрим поведение блока **В** при его разрушении. Для этого, в первом приближении, будем полагать, что он представляет из себя консольную, защемленную с одной стороны балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой и сосредоточенной реакцией крепи $\mathbf{R_{кр.}}$ (рис. 3). Равномерно распределенная нагрузка складывается из пригрузки $\mathbf{q_п}$ и веса самой балки **mg**, при этом для балки **В** пригрузка составляет

$$q_п = 0{,}35mg,$$

где m – распределенная масса балки, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$$m = \frac{\gamma h}{g}.$$

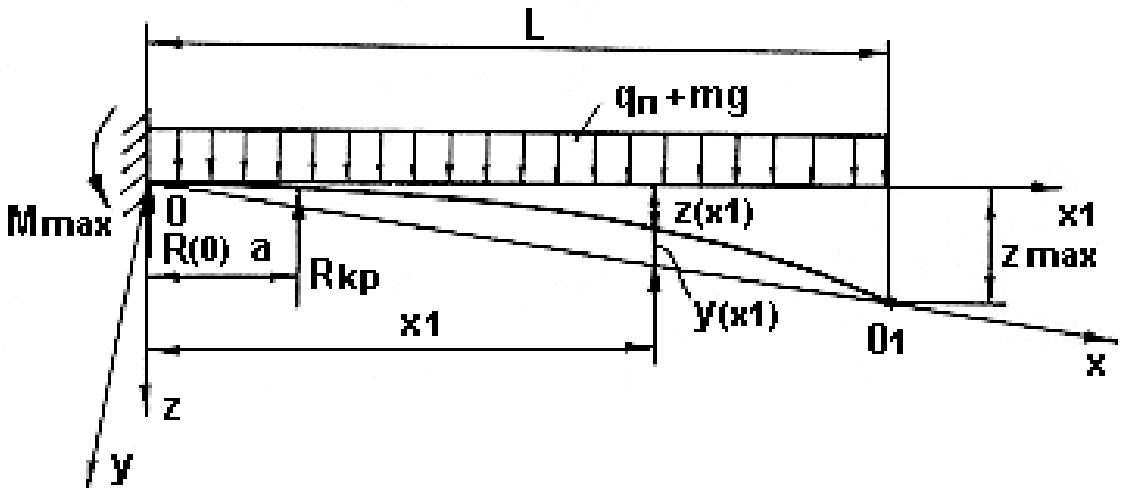


Рис. 3. Расчётная схема определения прогибов блока основной кровли в период, предшествующий проявлению осадки

В момент, предшествующий разрушению блока, изгибающий момент в заделке равен максимальной величине

$$M_{max} = M(0) = \frac{(q_п + mg)L^2}{2} - a \cdot R_{кр},$$

а реакция

$$R(0) = (q_п + mg)L - R_{кр},$$

Уравнение изгибающих моментов по длине балки определяется как

$$M(x) = \begin{cases} M(0) - R(0) \cdot x + \dfrac{(q_п + mg)}{2} x^2 & \text{при } x \le a, \\ M(0) - R(0) \cdot x + \dfrac{(q_п + mg)}{2} x^2 - R_{кр} \cdot (x - a) & \text{при } x > a, \end{cases}$$

тогда дифференциальное уравнение прогибов балки запишется в виде

$$\frac{d^2 z}{dx^2} = \frac{M(x)}{E_0 J},$$

где E_0 – модуль упругости первого рода пород, из которых сложена балка;

J – момент инерции поперечного сечения.

Предложенная модель позволяет дать предварительную оценку характера и интенсивности динамического воздействия на крепь со стороны кровли в периоды интенсивных осадок.

Для определения колебательных движений балки необходимо рассмотреть дифференциальное уравнение изгиба ее нейтральной оси с учётом рассмотренных схем:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(E_0 J \frac{d^2 y}{dx^2}\right) = q(x, t),$$

где $q(x, t)$ – интенсивность действующей на балку поперечной нагрузки, которая складывается из сил инерции и веса пород.

Список литературы

1. Коровкин, Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев / Ю. А. Коровкин ; под ред. Ю. Л. Худина. – М: Недра, 1990. – 413 с.

УДК 622.285

Г.Д. БУЯЛИЧ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.В. ВОРОБЬЕВ, доцент, канд. техн. наук
(ЮТИ ТПУ, г. Юрга)
А.В. АНУЧИН, аспирант
(ЮТИ ТПУ, г. Юрга)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОСТОЕК НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ В СРЕДЕ SOLID WORKS SIMULATIONS

Надежность механизированной крепи для отработки угольных пластов зависит, прежде всего, от надёжности её основного узла –

гидравлической стойки. Выход из строя этого элемента приводит к утрате механизированной крепью функций по управлению и поддержанию кровли в очистном забое.

Для исследования влияния параметров гидростоек на их прочность была разработана конечно-элементная модель в среде Solid Works Simulations [1, 2].

На рис.1 представлена модель гидростойки механизированной крепи М138 двойной гидравлической раздвижности с диаметрами цилиндров первой и второй ступеней соответственно 220 и 160 мм.

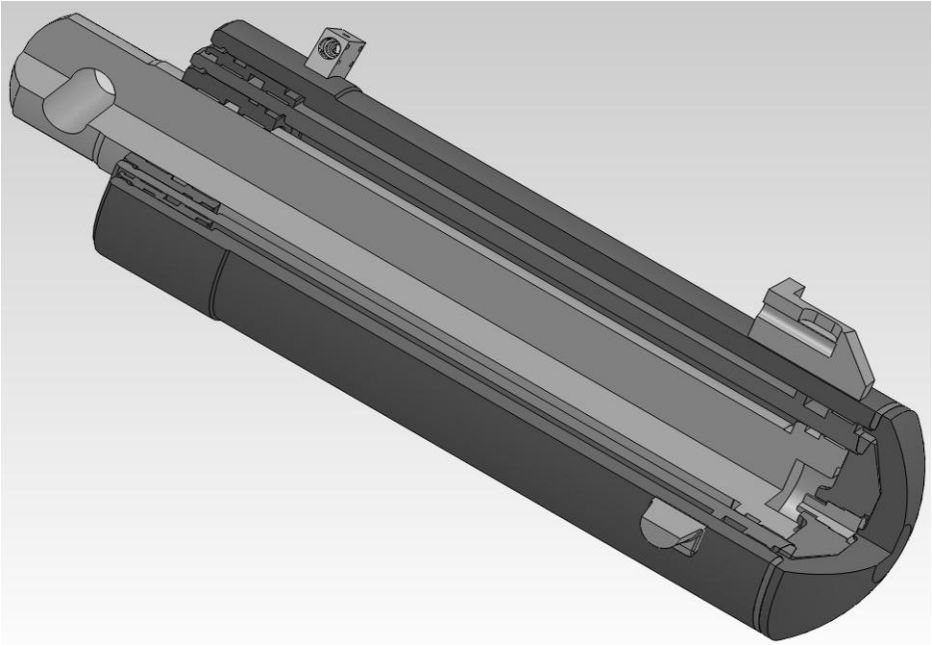


Рис. 1. Объёмная модель гидростойки крепи М138 с двойной гидравлической раздвижностью

Поскольку геометрическая форма изделия и граничные условия являются осесимметричными, производился расчет только части гидроцилиндра, а не всей конструкции. Это позволило повысить плотность сетки конечных элементов и точность расчетов за счет снижения размерности задачи. Чтобы компенсировать воздействие отброшенной части конструкции, к секущим плоскостям применялось граничное условие "Симметрия".

Для моделирования условий взаимодействия деталей в сборке использовалось контактное условие "Нет проникновения" с опцией "Поверхность с поверхностью". Сварной шов, соединяющий дно и трубу цилиндра, моделировался отдельной деталью. Для граней сварного шва, соприкасающихся с деталями сборки, использовалось контактное условие "Связанные" с опцией "Совместимая сетка" (рис. 2). В области сварного

шва также дополнительно производилось уплотнение сетки для более точного учёта влияние концентратора напряжений.

Корпус и шток первой ступени гидростойки рассчитывались отдельно. Для нагружения конструкции к поверхностям прикладывалось давление, соответствующее давлению рабочей жидкости.

Примеры расчетных моделей цилиндра и штока первой ступени с сеткой конечных элементов и назначенными граничными условиями представлены на рис. 3.

а б

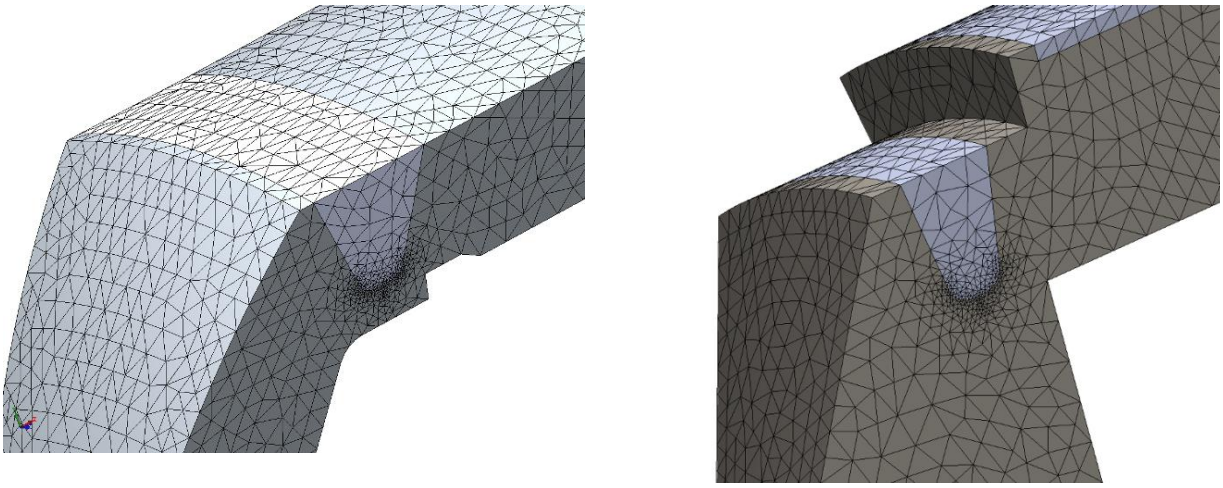


Рис. 2. Разбиение модели на сетку конечных элементов:
а – цилиндра первой ступени; б – штока первой ступени

а б

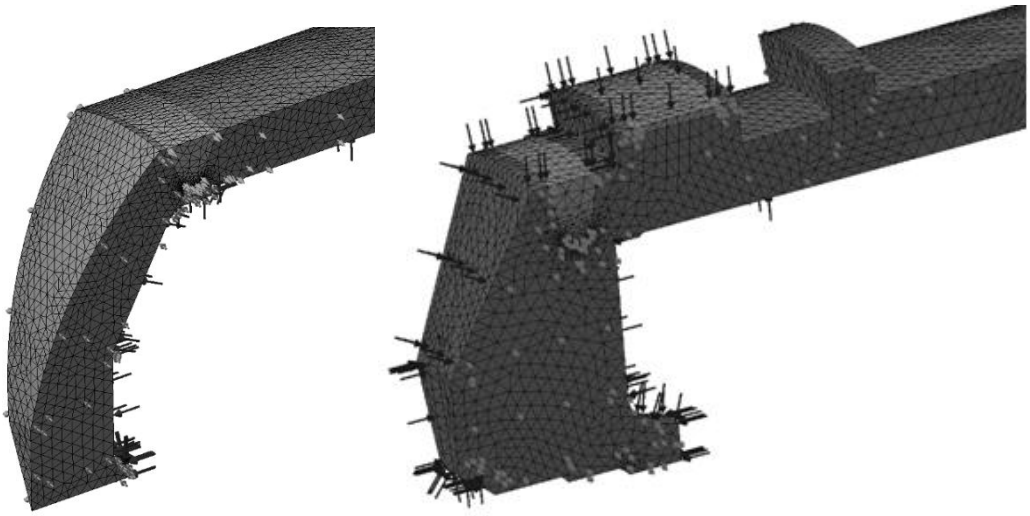


Рис. 3. Сетка конечных элементов и граничные условия для:
а – цилиндра первой ступени; б – штока первой ступени

При создании сетки использовались параболические конечные элементы в форме тетраэдров. Размер конечных элементов по толщине стенки цилиндров принимался не менее пяти, поскольку при этом погрешность определения радиальных деформаций составляет менее 0,5% [3]. Таким образом, описанная выше модель позволяет исследовать влияние силовых и конструктивных параметров на напряжённо-деформированное состояние элементов гидростоек двойной гидравлической раздвижности.

Список литературы

1. Алямовский, А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций в среде SolidWorks / А. А. Алямовский. – ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
2. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский [и др]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
3. Буялич, Г. Д. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи = Estimate of the accuracy of the finit-element model of the cylinder of the hydraulic prop / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 203–206.

УДК 622.233.95

В.П. РЫНДИН, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВОЛНОВОЙ ФИЛЬТР

В технике широко используются ударные процессы для бурения крепких пород, забивки свай, штамповки и ковки. Ударные импульсы имеют большую амплитуду и малую длительность порядка 100 – 1000 мкс. Распространение импульсов носит волновой характер. Они могут отражаться и интерферировать. Каждый импульс переносит определенную порцию энергии. Пропуская ударные импульсы через волноводы с различным акустическим сопротивлением, можно преобразовывать амплитуду, форму и длину импульсов. Используя волновые свойства импульсов можно создавать фильтры для волноводов из акустически неоднородных материалов. Например, для снижения усилий, действующих во время удара на торец сваи, предложены жидкостные амортизаторы, в которых жидкость подвергается всестороннему сжатию.

Известно, что жидкости при всестороннем (объемном) сжатии выдерживают очень большие нагрузки при незначительных деформациях.

Аналогично ведет себя резина. Резина широко применяется в различных типах амортизаторов, но их конструкция выполняется так, чтобы резина при осевом сжатии могла свободно деформироваться в поперечном направлении. Считалось грубой ошибкой допустить в амортизаторе объемное сжатие резины.

В объемно сжатом состоянии резина подобна жидкости. Для изменения ее объема на 1% надо создать давление порядка 20 МПа. Такой амортизатор, конечно, не может применяться для больших перемещений – он слишком жесткий, но для амортизации ударных нагрузок вполне подходит. Покажем это на примере защиты ударных бурильных машин от отраженных ударных волн.

При разрушении породы во время бурения ударный импульс частично перемещается в породу, разрушая ее, а частично отражается в обратном направлении (к бурильной машине). Это вызвано тем, что акустические свойства породы и материала штанги различны. Полная передача энергии может быть достигнута, если механический импеданс внедрения лезия коронки равен акустическому сопротивлению штанги.

$$\frac{P_в}{V_в} = \rho c F,$$

где $P_в$ - мгновенное значение действующей силы на лезвии коронки; $V_в$ - мгновенная скорость перемещения точки приложения силы; ρ - плотность материала штанги; c - скорость звука в штанге; F - площадь сечения штанги. Механический импеданс $Pв/Vв$ на пути внедрения лезвия меняется от нуля до бесконечности, тогда как жесткость штанги – величина постоянная, поэтому указанное равенство соблюдается только в одной точке.

Механический импеданс $Pв/Vв$ на пути внедрения лезвия меняется от нуля до бесконечности, тогда как жесткость штанги – величина постоянная, поэтому указанное равенство соблюдается только в одной точке.

Следствием этого является неизбежное возникновение ударного импульса сжатия или растяжения, который по штанге возвращается к бурильной головке, вызывая дополнительные нагрузки на ее корпусе. Особенно опасны импульсы сжатия, которые разрушают опорные подшипники, через которые на штангу передаются осевые усилия. Конструкторы давно пытались нейтрализовать разрушающее действие отраженных импульсов сжатия. Исследования нагрузок, возникающих при бурении во вращательно-ударном механизме, показали, что осевые нагрузки имеют динамический характер и представляют собой затухающие колебания с частотой около 800 Гц. Амплитуда усилий

зависит от типа буримой породы, и колеблется в пределах 24 – 43 кН. Большие нагрузки могут быть и в перфораторах при бурении крепких пород. Исследования показали, что величина усилий, действующих на корпус механизма вращателя бурильной головки, за счет отраженных ударных волн достигает 102 кН. Частота таких импульсных нагрузок определяется временем пробега ударной волной двойной длины штанги. Эти нагрузки вызваны неполной передачей волновой энергии от коронки к породе. Были попытки уменьшить действия осевых нагрузок постановкой между хвостовиком и корпусом машины пакета дисковых пружин. На практике пружины эти часто ломались в процессе эксплуатации машины.

Наиболее приемлемым решением было размещение гидравлической подушки вместо дисковых пружин. Она обеспечивает эффективное гашение амплитуды отраженных волн, проходящих в корпус машины. Однако такое решение осложняет эксплуатацию бурильной машины, так как требует специальной гидравлической системы для подпитки.

Нами была разработана простая конструкция амортизатора отраженных ударных волн, основанного на отражении ударных волн на границе двух сред, имеющих различную акустическую жесткость.

Если между хвостовиком штанги и корпусом машины поставить деталь из материала с малой величиной удельной акустической жесткостью по сравнению со сталью, то отраженный импульс перейдет в корпус машины с уменьшенной амплитудой.

Конструкция фильтра должна обеспечивать постоянство точки соударения бойка с хвостовиком. Для этого величина осадки фильтра под действием усилия подачи не должна превышать 1мм. Подбор материалов и эксперименты показали, наиболее подходящим для этой цели является эластомер, например, резина, работающая на сжатие в замкнутом объеме.

Скорость распространения ударной волны в резиновом стержне, находящемся в состоянии объемного сжатия, определялась экспериментальным путем на специальном стенде. Здесь же определялась форма и амплитуда падающей и прошедшей через фильтр волн.

По справочным данным скорость распространения звука в свободной резине около 40-50 м/с. В резиновом элементе, где резина находилась в состоянии объемного сжатия, скорость звука составляла 1500 м/с. С увеличением давления в резине скорость возрастала.Зная скорость звука в резине, можно вычислить для определенной длины амортизатора отношение амплитуд падающей и проходящей волн.

Такой амортизатор будет для ударной волны своего рода ловушкой, в которой она будет многократно отражаться от стенок, накладываясь на прошедшую в резину волну.

Коэффициента уменьшения амплитуды зависит от длины фильтра и лавления в резине. Эксперименты показали, что при длине эластичного

элемента L = 10 ÷ 100 мм и давлении в резине 15 МПа коэффициент уменьшения амплитуды волны, проходящей через фильтр, меняется в пределах
2,2 ÷ 4,5.

Волны, прошедшая через амортизатор, регистрируемая датчиком, значительно отличается от падающей по форме и амплитуде: ее длина возрастает, срезаются высокочастотные составляющие.

Импульсы, рассчитанные автором на электронной модели ударной системы, совпадают по форме и по амплитуде с реальными импульсами, полученными на стенде.

Волновой амортизатор не подходит для уменьшения статических перегрузок. В фундаментальном труде С. Д. Понаморева «Расчеты на прочность в машиностроении» показана конструкция амортизатора с резиной, работающей на объемное сжатие, как пример неправильного конструкторского рещения. Действительно, резина, лишенная возможности деформироваться в стороны, является практически совершенно жесткой, но может служить эффективным фильтром ударных волн. Он компактный, выдерживает бодьшие статические нагрузки, практически не нагревается в работе и в несколько раз снижает амплитуду ударных импульсов. Испытания на бурильных машинах ударного действия показали, что он обеспечивает эффективную защиту бурильных машин от отраженных ударных волн. Такие амортизаторы могут быть применены на транспорте, в бурилных установках, сваебойной технике и т.д. Везде, где необходимо уменьшить импульсную нагрузку.

УДК 622.6.2

А.Ю. ЗАХАРОВ, профессор, д-р техн. Наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
П.В. ЧЕПИКОВ, аспирант
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАМАГНИЧЕННОСТИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ НА ВЕЛИЧИНУ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ В СИСТЕМАХ ПОДВЕСА

В настоящее время постоянные магниты (ПМ) все больше находят свое применение в системах подвеса. Так, например, разрабатываются транспортные средства нового поколения: экипаж на магнитной подушке, конвейер с магнитным подвесом ленты и т.д. Из-за различной

конфигурации подвесов требуется различное направление намагниченности магнитов. Нахождение оптимальной намагниченности позволяет не только минимизировать вес ПМ, но и добиться удешевления, а значит и рентабельности установки.

Рассмотрим магнит в виде массива фиксированных магнитных диполей, каждый из которых зависит от поля. Суммарная сила на магнит может быть выражена как сумма сил, действующих на отдельные диполи. Воспользуемся общим выражением силы, действующей на магнитный диполь с магнитным моментом m во внешнем поле:

$$F = (m\nabla)B = m_x \frac{dB}{dx} + m_y \frac{dB}{dy} + m_z \frac{dB}{dz} \quad , \qquad (1)$$

где m_x, m_y, m_z,– проекции момента на координатную ось.

Если диполь в точке, где токи, создаваемые магнитным полем, отсутствуют, то тогда можно записать

$$F = grad(mB). \qquad (2)$$

Таким образом, сила магнитного взаимодействия будет наибольшей, когда все диполи, т.е. намагниченность магнита, ориентированы вдоль силовых линий внешнего поля. Производство ниодимовых магнитов происходит спеканием экструзии в сильнейшем магнитном поле, под действием которого происходит ориентирование магнитного момента диполей вдоль силовых линий. Поэтому, изменяя конфигурацию внешнего поля в момент спекания, можно изменить положение вектора намагниченности.

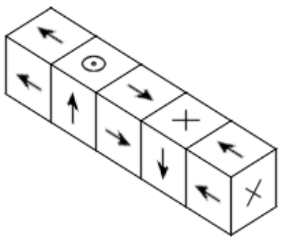


Рис 1. Линейная магнитная сборка Халбаха, состоящая из пяти сегментов, стрелками показано направление намагниченности ПМ

Для определения максимальной подъёмной силы при взаимодействии постоянных магнитов был рассмотрен ряд подвесов с разной намагниченностью. В работе Arvi Kruusing [1] доказано, что если взять за 100% подъёмную силу при аксиальной намагниченности, то переменная намагниченности вдоль силовых линий дает результат на 44,2% лучше. Но из-за сложности изготовления такого магнита было выбран второй способ с углом намагниченности 45°, который дает улучшение результата на 38,7%. Кроме этого, известен принцип комбинаций магнитов с различной направленностью вектора намагниченности – сборка Халбаха (Рис. 1).

С помощью метода конченых элементов (FEM), реализованного в программном комплексе *ANSOFT Maxwell 3D* было рассчитано 3 вида подвеса с аксиальной намагниченностью, с углом 45° и магнитной сборки Халбаха. Размеры

магнитов выбраны с учетом постоянства магнитного материала, т.е. постоянного объема. Расстояние между магнитами принято равным 1 мм.

Параметры магнитных систем:

1. 50мм*50мм (4 шт.) (V=100 мм^3) с углом намагниченностью 45°;
2. 50мм*50мм (4 шт.) (V=100 мм^3) с аксиальной намагниченностью;
3. 3,16мм*3,16мм (10 шт.) (V=99,85мм^3) магнитная сборка Халбаха.

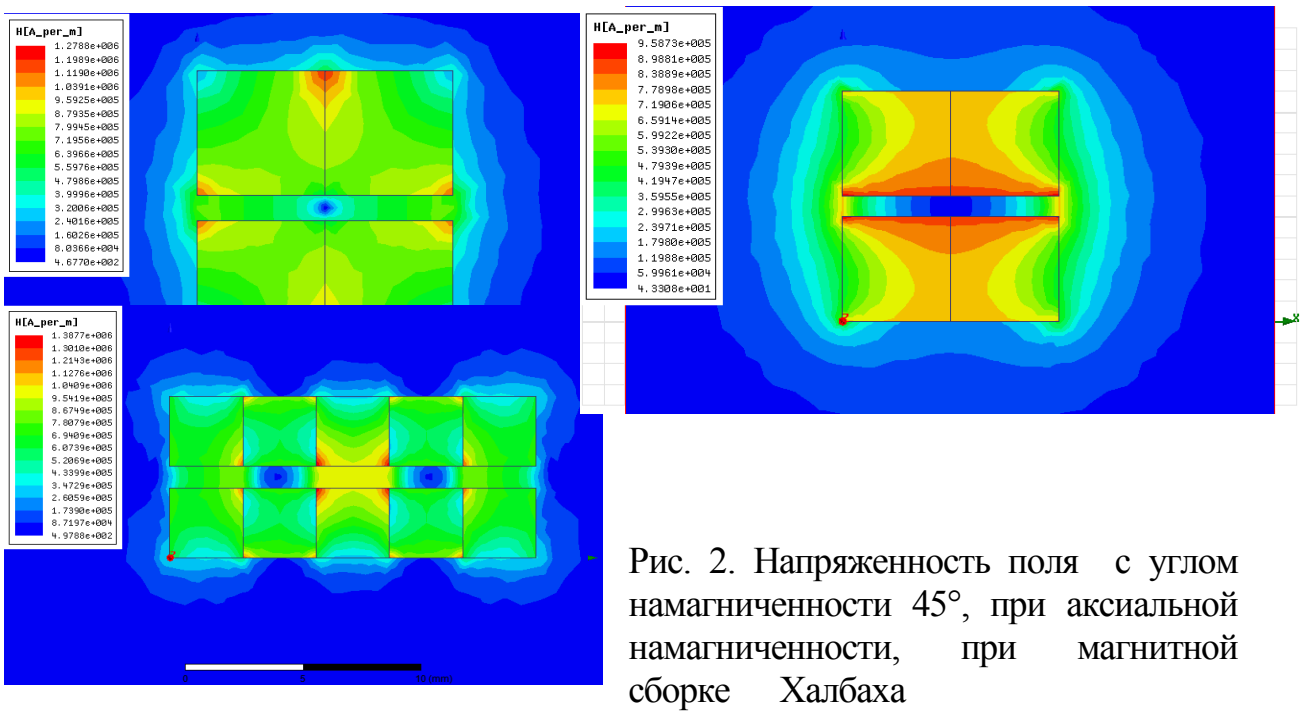


Рис. 2. Напряженность поля с углом намагниченности 45°, при аксиальной намагниченности, при магнитной сборке Халбаха

На рис. 2 видно, что напряженность между парящими и опорными магнитами выше и однородней при сборке Халбаха. На рис. 3 приведена напряженность магнитного поля между магнитами. Сборка Халбаха имеет максимальную напряженность на 35% больше, чем напряженность при угле намагниченности 45°. Подвес по системе сборки Халбаха имеет 2 локальных минимума по напряженности, что может быть использовано для стабилизации (устойчивости) магнитного подвеса.

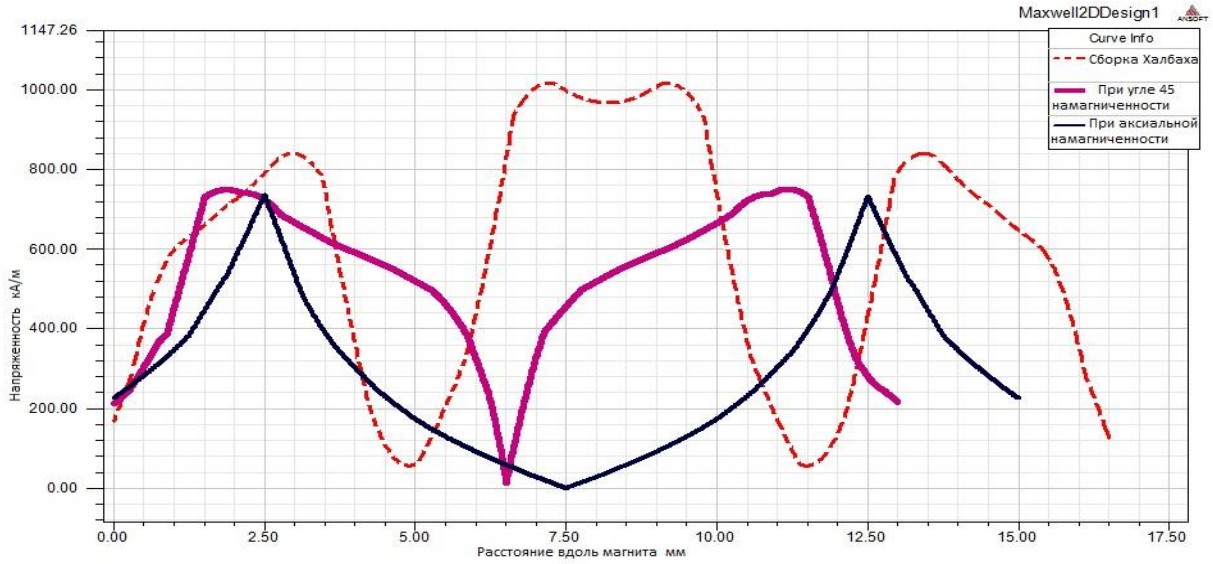


Рис. 3. Напряженность магнитного поля между магнитами (0.5 мм от поверхности магнита) при различной намагниченности (с углом намагниченности 45°, аксиальной, Халбаха)

Расчет силы взаимодействия парящего магнита над опорным с помощью МКЭ в программном комплексе *Ansoft Maxwell 3D*:

1.При угле намагниченности 45° - 2495,9 Н.

2. При аксиальной намагниченности – 1228,1 Н.

3. При сборке Халбаха – 4391,9 Н.

Следовательно при различных системах намагничивания магнитная сборка Халбаха, состоящая из аксиально намагниченных магнитов, по силе взаимодействия магнитов в 1,75 раза превышает силу взаимодействия в системе с углом намагниченности 45° и в 3,16 раза превышает силу взаимодействия в системе с аксиальной намагниченностью при одинаковом количестве магнитного материала.

Список литературы

1. A.Kruusing Optimizing magnetization orientation of permanent magnets for maximal gradient force / A.Kruusing // Journal of Magnetism and Magnetic Materials - 2001 - №234 - С.545–555.

СЕКЦИЯ

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

УДК 94(571.17): [622.33:331.101.31]"20"

Н.Э. БУФИНА, старший преподаватель, канд. ист. наук
(КемГСХИ, г. Кемерово)

ПУТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КАДРОВ В УГОЛЬНУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КУЗБАССА В XXI ВЕКЕ

Развитие угледобычи Кузбасса является основополагающим экономическим направлением региона. Успешное функционирование отрасли зависит от совокупности факторов, среди которых немаловажным аспектом предстает кадровое обеспечение угольной промышленности области. Одной из актуальных проблем является то, что 30 % трудящихся на угольных предприятиях составляют работающие пенсионеры, 30 % – готовятся к выходу на пенсию [1]. При повышении размера пенсии и льгот существует очевидная вероятность, что значительно уменьшится процент работающих пенсионеров. А это, в свою очередь, приведет к оттоку трудящихся.

Кадровая проблема существует давно и связана с падением престижа профессии шахтера и горняка. Выпускники технических вузов не стремятся в первую очередь пойти работать на шахту или разрез. Встает острая потребность поднятия престижа профессии. В этом направлении активно работают ветеранские организации. Президиум Кузбасского Совета ветеранов угольной промышленности в 2008–2009 гг. организовал проект «Связь поколений». В рамках данного проекта в г. Белово состоялась встреча легендарной бригады ударника труда Малютина с ныне действующей бригадой, старшеклассниками и учащимися ПТУ. Членам бригады были вручены грамоты, денежные премии, телевизоры. Проведение подобных встреч должно стать традицией. Таким образом возможно привить чувство патриотизма и гордости за горняцкую профессию [1].

Для повышения престижности профессии горняка необходимы такие меры, как проведение производственной практики для студентов технических вузов на более ранних курсах, предоставление право льготного поступления представителям трудовых династий на горные факультеты [2]. Трудящимся необходимо предоставить более широкий спектр льгот и услуг, возможность получить бесплатное жилье и проводить ряд других мероприятий.

В первое десятилетие XXI в. продолжает свою работу Кемеровский областной общественный Фонд «Шахтерская память», основанный в 1994 г. В. П. Романовым [3, с. 224]*. Фонд координирует работу Совета ветеранов,

руководителей шахтерских городов, угольных компаний по материальной помощи инвалидам, ветеранам, семьям погибших на закрытых шахтах, по увековечиванию памяти о легендарных горняках Кузбасса [4, с. 3]. В настоящее время директором Фонда является М. И. Найдов [3, с. 87–88]**. Основными задачами Фонда являются [4, с. 4]:

1. Оказание материальной помощи неработающим и нуждающимся ветеранам, инвалидам, вдовам, родителям, детям погибших шахтеров.
2. Поддержка инициатив по увековечиванию и сохранению памяти выдающихся угольщиков и содержанию объектов памяти: улиц, носящих имена шахтеров, памятников, обелисков, братских могил, мемориальных досок, музеев Трудовой Славы.
3. Содействие в издании и распространении печатных изданий и фильмов об истории Кузбасса и шахтерских городов [5, 6], «Книги памяти шахтеров Кузбасса» [7, 8, 9, 10].

Реализация этих задач, безусловно, требует много сил, энергии, капитальных вложений. Данные меры необходимы для поддержания социальной жизни трудящихся и их семей, а также способствуют поднятию престижа шахтерской профессии. Создание фильмов по истории Кузбасса, издание книг несет культурно-просветительскую функцию. Издание Книг Памяти показывает уважение к трудящимся угольной промышленности. Строительство памятников воспитывает у молодого поколения особое отношение к горняцкому труду.

В связи с усложнением горно-геологических условий угольных месторождений, применением новых машин и оборудования, средств автоматизации и контроля производственных процессов и систем передачи информации, к квалификации горного инженера предъявляются новые требования. По мнению исследователей Е. В. Пугачева и В. А. Новоселова уровень подготовки инженерных кадров нельзя считать высоким. С точки зрения авторов, на предприятии трудятся в основном работники пенсионного и предпенсионного возраста, в то время как для работы с новыми технологиями требуется более современный уровень подготовки.

Такая же ситуация в плане руководства горными предприятиями [11, с. 232]. Обучение горных инженеров проводилось по тем же программам, что и 10–15 лет назад. Профессорско-преподавательский состав вузов сформировался в условиях экономики и также имел к 2006 г. предпенсионный и пенсионный возраст. Е. В. Пугачев и В. А. Новоселов приходят к выводу, что в советский период в стране выполнялся большой объем научно-исследовательской работы, который достаточно финансировался. Переход к рыночным отношениям привел к значительному снижению научно-исследовательских работ в вузах. Однако,

по мнению автора данного исследования, в последние годы вырос объем научных изысканий.

Что касается открытия филиалов институтов по подготовке инженерных кадров в городах, то с одной стороны, это дает возможность большему количеству людей получить высшее образование, с другой стороны, уровень такого образования ниже, чем в головном вузе. Совсем недавно получила распространение платная ускоренная форма обучения (АКОС), когда по авторской программе выпускники техникумов за 3,5 года обучения получают высшее образование [11, с. 233]. Данная форма увеличивает процент специалистов, получивших высшее образование.

Нередки случаи, когда выпускники, получившие специальность горного инженера, не планируют связывать свою трудовую деятельность с горной промышленностью. Причиной этого является следующее: при поступлении в вуз студент ставит себе цель в первую очередь получить высшее образование, не выезжая в другой регион. В данном случае студента интересует не конкретная специальность, а наличие высшего образования, популярность которого значительно выросла за последние 20 лет. Почему на специальности, которые не обязательно требуют наличия высшего образования, работодатель предпочтет кандидата именно с дипломом об окончании вуза, пусть и не по профилю предлагаемой вакансии? Потому что считается, что если человек получил высшее образование, значит, он способен к обучению, активен по жизни, мобилен.

Одним из факторов снижения желания у выпускников вузов работать по горному направлению, является слабый престиж шахтерского труда, связанный с несоответствием тяжести физической нагрузки и объемом заработной платы.

Количество выпускников по горным специальностям Кемеровской области достаточно велико, однако на предприятиях не хватает специалистов. Почему? Ответом на вопрос является то, что студенты выбирают довольно часто высшее образование, а не конкретную специальность. В Прокопьевске в 2006 г. находились филиалы Московского государственного открытого университета (МГОУ), Кузбасского государственного технического университета (КузГТУ), Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). В своих филиалах в Прокопьевске данные вузы ежегодно по специальностям «горный инженер-технолог», «горный инженер-механик», выпускали около 200 специалистов [11, с. 234].

По мнению автора исследования, на общий процент квалифицированных специалистов влияет то, что в советское время образование было бесплатным, и следовательно большой конкурс был при поступлении в вуз. Не секрет, что в настоящее время проходной балл на обучение на контрактной основе значительно ниже, чем на бюджетной

основе. Более того, на некоторые факультеты в вузы практически отсутствует конкурс, особенно это касается получения второго высшего образования и заочного образования в филиалах вузов.

В горных техникумах, профессиональных училищах готовят представителей рабочих специальностей: экскаваторщиков, водителей большегрузных машин, машинистов, механиков. Поэтому популярность горных техникумов и училищ достаточно велика. Однако нередки случаи, когда по рабочим специальностям работают люди с высшим образованием.

КузГТУ готовит специалистов для разных отраслей промышленности, среди которых основополагающей является угольная. Подписание и выполнение договоров по программе целевой подготовки специалистов представляет важную составляющую научно-исследовательской работы. Такие договоры заключаются с крупными угольными компаниями, такими как «Кузбассразрезуголь», СУЭК, СДС, «Распадская» и другими [12, с. 211]. Данная программа позволяет будущим специалистам пройти производственную практику непосредственно на угольном предприятии, что с одной стороны, дает практический опыт для выпускника университета, с другой стороны, может стать началом старта трудовой деятельности на этом же предприятии. Работодатель получает возможность непосредственно в деле оценить профессиональные и личностные качества потенциального работника. В то же время существует практика в рамках этого договора, когда предприятия отправляют для получения высшего образования в вуз студентов по целевому направлению. В этом случае стипендия выплачивается из средств направляющей организации.

Сотрудничество угольных компаний с вузом дает возможность для реализации новых проектов. Было разработано несколько деклараций безопасности гидротехнических сооружений ОАО «Разрез Моховский», ОАО «Разрез Ерунаковский» и ЗАО «Черниговец» студентами-дипломниками и магистрами КузГТУ [12, с. 216]. Участие студентов в областных конкурсах, олимпиадах, разработке новых проектов расширяет перспективы горизонтов для дальнейшей трудовой деятельности выпускника и ведет к созданию новых проектов для интенсификации производства с последующей экономической выгодой для шахт и разрезов.

Руководство угольных предприятий, понимая ценность кадров, стимулирует работу трудового коллектива, что напрямую отражается на производственной деятельности. Если в советское время формами стимулирования были в основном социалистические соревнования, место на Доске Почета, грамоты, то есть моральное поощрение, то в постсоветское время и в XXI в. кроме морального стимулирования все большее значение имеет материальное вознаграждение. Рыночная экономика порождает рыночные отношения.

Резюмируя все вышесказанное, автор считает, что в условиях рыночной экономики для привлечения кадров в горняцкую профессию необходимо проводить работу по воспитанию чувства патриотизма, повышению престижности, материальной заинтересованности. На этих трех составляющих базируется основа успеха.

Список литературы

1. Филимонов Л. З. (р. 1934), председатель Кузбасского совета ветеранов угольной промышленности. Интервью. Стенограмма беседы от 2.03.2011 г.
2. ТАКСВУП (Текущий архив Кузбасского совета ветеранов угольной промышленности). Предложения президиума Кузбасского совета ветеранов угольной промышленности от 29.09.2008 г. в проект Федерального закона «О повышении престижности шахтерской профессии».
3. Коновалов А. Б. Депутатский корпус Кузбасса. (1943–2003): Биографический справочник. / А. Б. коновалов В 2 т. Т. 2. М–Я. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 2003. – 616 с.
4. Благо творящий: массово-полит. издание / под. ред. Ю. С. Тотыша. – Кемерово: «Агентство Рекламных Форм», 2005. – 96 с.
5. Директор из Кузбасса. Д/ф. / реж. В. Клобуков; автор и оператор Л. Гуревич. – Кемерово: Западно-Сибирская хроника, 1980.
6. Кемерово. Борьба за мечту. Х/ф. / реж. Дмитрий Пахотнов. – Кемерово, 2008 г.
7. Книга памяти погибших шахтеров Кузбасса (2007-2008) / Р. С. Бикметов, Н. А. Бикметова, К. А. Заболотская и др. Т. IX. – Кемерово: Кемеровский редакционно-издательский дом «Книга», 2009. – 324 с.
8. Книга памяти шахтеров Кузбасса (1976–1990) производственно-массовое издание / сост. Ю. П. Киселев, Р. С. Бикметов, Ю. Н. Малышев и др. – Омск: ГУИПП: «Омский дом печати», 2000. – Т. IV. – 406 с.
9. Книга памяти шахтеров Кузбасса (1991-2000): производственно-массовое издание / сост. Ю. П. Киселев, Р. С. Бикметов, Ю. Н. Малышев и др. Т. V. – Кемерово: «Летопись», 2001. – 392 с.
10. Книга памяти шахтеров, погибших в годы Великой Отечественной войны (1941-1945). / Р. С. Бикметов, Ю. В. Киселев, Ю. Н. Малышев и др. Москва: Недра, – 1995. – 398 с.
11. Пугачев Е. В., Новоселов В. А. Вопросы подготовки инженерных кадров для угольной отрасли Кузбасса / Е. В. Пугачев, В. А. Новоселов // Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимая в рамках Выставки-ярмарки «Уголь России и Майнинг», Новокузнецк, 2006: Сборник научных статей.– Новокузнецк: СибГИУ, 2006. – С. 232–234.
12. Кузбасский государственный технический университет. Страницы истории (1950–2010 гг.) / ГУ КузГТУ / гл. ред. Е. К. Ещин. – Кемерово, 2010. – 291 с.

УДК 378.184

Н.А. ЖЕРНОВА, доцент, к.э.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
Е.Е. ЖЕРНОВ, доцент, к.э.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕННОСТЕЙ КАК УСЛОВИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ

Инженерно-технические кадры являются необходимыми человеческими ресурсами инновационного развития промышленности. Поэтому закономерным представляется возрастание общественного и профессионального интереса к проблемам подготовки инженеров в условиях современной модернизации. Сегодня очевидно, что процессы, происходящие в обществе и экономике три последних десятилетия, привели к падению значения профессии инженера и снижению качества высшего технического образования, что пришло в острое противоречие с объективно возросшей ролью технических специалистов.

По нашему мнению, значимость профессии является социально-психологическим отражением реального общественного положения той или иной профессиональной группы. Факторы, влияющие на престиж, социально детерминированы, а сам он имеет ценностно-нормативную природу. Последнее означает, что при его формировании главное место принадлежит господствующей в обществе и в определенной социально-профессиональной группе системе ценностей. Настоящее положение представителей профессии инженера в обществе определяется, очевидно, спадом в развитии производства, который повлиял на социально-экономическую оценку их труда в форме заработной платы, её низкий уровень сегодня – основной фактор падения интереса к профессии инженера. Различия в разы и десятки раз зарплат инженеров и бухгалтеров, менеджеров отнюдь не признак такой же разницы их квалификации, следовательно, происходит грубое нарушение социальной справедливости. Это отрицательно отражается на духовно-нравственном облике инженеров и техников, приводит к вымыванию слоя технической интеллигенции. А ведь в условиях гуманизации всей общественной жизни при переходе к инновационной экономике, основанной на знаниях, возрастает роль интеллигенции, существенную органичную группу которой должны составить инженеры, заинтересованные в становлении себя как высоконравственных профессионалов.

Проблема поднятия значимости профессии инженера не может быть решена одним повышением оплаты его труда. Это многоаспектная проблема, которая устраняется только в общем процессе модернизации всех сторон общества. Социальное место инженера определяется, прежде всего, ролью техники и технологии в общественном развитии. Однако проведённые социологические исследования показали, что основными ценностями в современной российской организации являются патернализм и безопасность. Они вполне сочетаются с гуманизмом, но не с инновациями, внедрение которых связано с риском. Именно развитие прорывных технологий определяет тенденции изменения содержания инженерного труда как особого вида высококвалифицированного умственного труда, направленного на коммерциализацию результатов научно-технической деятельности.

Вместе с тем ключевое значение имеет пересмотр сложившейся за последние два десятилетия системы ценностей. Ещё Ф.У. Тейлор, основатель научного менеджмента, представляющий архетип инженера, утверждал, что «крупнейшей проблемой при переходе к новой системе [управления] является необходимость полнейшей революции в моральном укладе» [2, с. 291]. Мы согласны с А. Демьяненко и Л. Дятловой, считающими эти слова «своего рода предостережением российским бизнесменам и менеджерам, большинство которых верят, что переход от советской системы управления к менеджменту может произойти без революции в системе ценностей» [1, с. 119]. Внимательное изучение социальных аспектов работ Ф. Тейлора позволяет увидеть в них зачатки общепсихологического подхода к управлению рабочим. Тейлор полагал, что надлежащее использование научного менеджмента будет способствовать созданию атмосферы доверия, гармонии и всеобщего процветания. Но для этого необходимо совершение подлинной ментальной (психической) революции в сознании работника. Равным образом, такая же революция должна произойти и в сознании управленцев.

На должности руководителя Ф. Тейлор, признавая трудность нахождения, хотел видеть «идеального человека», который бы соединял в себе «разнообразные познания и различные умственные и душевные качества, необходимые для исполнения всех обязанностей, возлагаемых на этих людей», обладал бы следующими девятью признаками: «ум, образование, специальные или технические познания; физическая ловкость или сила, такт, энергия, решительность, честность, рассудительность и здравый смысл, крепкое здоровье» [2, с. 274]. Именно такого специалиста и должна готовить сегодня высшая школа, опираясь на факторы значения профессии инженера. Последние включают в себя как внутренние факторы, относящиеся непосредственно к содержанию и условиям инженерной деятельности, так и внешние, характеризующие наиболее

значимые ценности массового сознания. Взаимодействие этих разнородных факторов формирует определённый уровень значения профессии инженера в обществе. В обыденном сознании значение объективных факторов не явно, но в результате именно они имеют решающее значение.

Существует широкая трактовка инженерного труда, которая его главной особенностью полагает приложение научных знаний во всех сферах производства и управления. На основе такого понимания инженерного труда появились квалификация по диплому и должность инженера-менеджера. В условиях современной модернизации экономики и образования инженера следует рассматривать как научно образованного технического специалиста, ориентированного на промышленные инновации. При этом многократно возрастают требования к вузовской системе подготовки инженеров. Именно в инженерной профессии естественнонаучные и математические знания используются в материальном производстве для блага общества, что требует адекватной гуманитарной, культурно-нравственной подготовки будущих специалистов и руководителей.

Важнейшими факторами подготовки инженера являются его профессионализм и компетентность, начала которых формируются в вузе. Но сегодня проблемы формирования инженерных кадров нельзя сводить к сугубо педагогическим аспектам – методам обучения, соотношению общенаучных, общеинженерных, специальных и гуманитарных дисциплин. Не они теперь самые главные. Более важно в условиях катастрофического падения нравственности в обществе в целом и в бизнесе, в частности, формирование системы морально-нравственных ценностей, соответствующих профессиональной ориентации молодых людей. Сегодня это важнейшее необходимое условие совершенствования подготовки профессиональных кадров для любой сферы хозяйствования и отрасли промышленности.

И в заключение отметим, что изолированное рассмотрение комплексной подготовки инженерных кадров и проблем инженерного труда не обеспечит оснований для принципиальных решений. Не принижая значения повышения качества подготовки инженеров, мы считаем, что исходным пунктом изменения общественного статуса профессии инженера является определение желаемой модели нравственной экономики в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Поэтому основным звеном в современной реформе высшей школы является повышение взаимной ответственности вуза и производства за использование профессионального и морально-нравственного потенциала молодых специалистов.

Список литературы

1. Демьяненко А., Дятлова Л. Мифы о системе научного менеджмента Ф. У. Тейлора. Проблемы теории и практики управления. – 2004.– №1. С.118 – 122.
2. Тейлор Ф. У. Научная организация труда. В кн. Управление – это наука и искусство: А. Файоль, Г. Эмерсон, Ф. Тейлор, Г. Форд. – М.: Республика, 1992. – 351 с.

УДК 378:377.6

Д.Н. ДОЛГАНОВ, доцент, к.пс.н.
(филиал КузГТУ в г. Белово)
И.Ю. ВЕРЧАГИНА, доцент, к.и.н.
(филиал КузГТУ в г. Белово)
Ж.А. ДОЛГАНОВА, зам. дир. по УР
(филиал КузГТУ в г. Белово)
Л.И. ЗАКОННОВА, профессор, к.б.н.
(филиал КузГТУ в г. Белово)
О.А. БЕЛОВА, учитель
(МБОУ СОШ №16 г. Белово)

О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА БАЗЕ ФИЛИАЛА КУЗГТУ В Г. БЕЛОВО

Анализ рынка труда Кемеровской области свидетельствует о наличии острого идейно-кадрового дефицита. С одной стороны, четко прослеживается нехватка кадров по рабочим профессиям. Так, наиболее востребованными профессиями в Кузбассе по состоянию на 2012 г. являются: водители, рабочие, каменщики, электрогазосварщики и др. Доля вакансий по рабочим профессиям в отдельных территориях области составляет 76% [3]. С другой стороны, остро ощущается неудовлетворенный спрос общества на инициативных, неординарно мыслящих людей, способных по собственной воле брать на себя ответственность за принимаемые решения и исходить в этих решениях, в первую очередь, из категорий блага и интересов общества, а не из личных корыстных соображений. В качестве примера можно привести профессии медицинских работников, острый дефицит которых отмечается практически во всех территориях Кузбасса. При этом по данным электронного ресурса Карьерист.ру в рейтинге запросов работодателей во втором полугодии 2010 г. последнее место занимали экономисты и юристы[2].

Совершенствование системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров для угольной промышленности является актуальной проблемой, которая обсуждается и реализуется на высшем уровне. Так, 24 января 2012 г. распоряжением Правительства Российской Федерации утверждена «Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года», которая включает в себя подпрограмму «Совершенствование системы профессиональной подготовки кадров для угольной промышленности»[1]. Одной из заявленных в программе целей является «оптимизация сети образовательных учреждений, осуществляющих подготовку квалифицированных рабочих и специалистов с учетом федеральных образовательных стандартов, квалификационных требований и потребности реального сектора экономики» [1].

Кемеровская область является крупнейшим угледобывающим регионом страны, в связи с этим, реализация обозначенной программы – более чем актуальная задача для образовательных учреждений Кузбасса и в, частности, КузГТУ.

Филиал КузГТУ в г. Белово является одним из лидеров на рынке образовательных услуг в сфере подготовки кадров для угольной промышленности. Актуальность участия филиала КузГТУ в г. Белово в реализации данной программы обуславливается еще и тем, что на территории Беловского района расположены более 20 угольных предприятий, которые нуждаются в обновлении и постоянном профессиональном совершенствовании кадров. Наиболее оптимальной является подготовка местных кадров по системе «Школа-Колледж-ВУЗ». С 2008 года в филиале КузГТУ в г. Белово ППС проводится научно-исследовательская работа по теме «Проблемы формирования модели специалиста, способного к инновационной деятельности в системе непрерывного образования в техническом вузе».

Система непрерывного профессионального образования предполагает реализацию своей деятельности в следующих направлениях:

1. Довузовская подготовка.
2. ВУЗ.
3. Дополнительное образование.

В рамках реализации данных направлений формируются профессиональные компетенции (профессиональные знания, умения и навыки, и способность их применять в профессиональной деятельности); социально-психологические компетенции (по ФГОС «универсальные» включают в себя – социально-личностные и общекультурные, общенаучные, инструментальные).

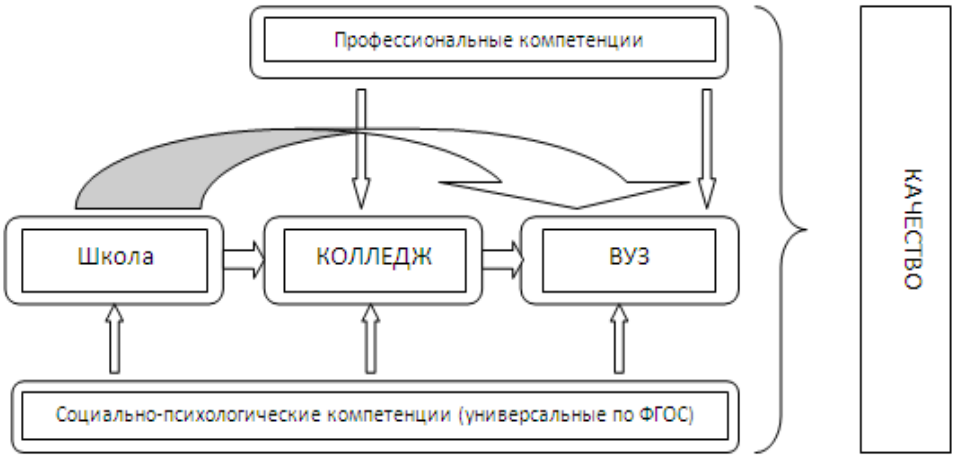


Рис. 1. Блок-схема системы непрерывного профессионального образования

Профессиональные компетенции формируются в процессе профессионального образования на уровнях СПО и ВПО и предполагают овладение основными профессиональными знаниями.

Социально-психологические компетенции подразделяются на социологические и собственно психологические.

Психологические компетенции предполагают соответствие личности специалиста требованиям профессии, положительного отношения к профессии, формирование позитивной мотивации к труду, формирование системы конструктивной коммуникации, формирование навыков рационального мышления. Современные технологии психологического сопровождения образовательного процесса предполагают преимущественно личностно-консультативный подход, диагностическую работу и элементы психокоррекции. Названные формы работы не могут удовлетворить потребности системы непрерывного образования в формировании личности специалиста и требуются более активные и интегрированные в образовательный процесс формы работы. На этапе школьной подготовки предполагается формирование положительного отношения к рабочим профессиям через различные формы ролевых психологических игр. На этапе СПО требуется создание устойчивой положительной мотивации к приобретаемой профессии, через различные формы тренинговой работы. На этапе ВУЗовской подготовки закрепляются ранее достигнутые результаты и формирование коммуникативных навыков, развитие системного и рационального мышления, что достигается через тренинговую работу, включение ролевых игр и кейсов в образовательный процесс. На этапе дополнительного

образования необходимо уделить внимание формированию навыков безопасного и ответственного профессионального поведения.

При формировании социальных компетенций следует учитывать, что молодежь является той частью общества, которая максимально восприимчива к переменам и которая определяет перспективы его развития, поэтому изучение факторов и особенностей формирования трудовых стратегий молодёжи в пределах отдельно взятого региона является своеобразной «лакмусовой бумажкой» социального и экономического здоровья местного сообщества, темпов и характера развития региона.

В системе непрерывного профессионального образования довузовское образование представлено тремя структурными подразделениями:

1. Школа абитуриента.

2. Профильные классы в средних школах г. Белово (более 200 человек).

3. Подготовительные курсы.

Стратегические задачи системы непрерывного образования:

1.1. обеспечение непрерывности и преемственности уровней и ступеней образования;

1.2. профессиональное самоопределение учащихся, формирование у них мотивационной готовности выбора профессии;

1.3. адаптационная подготовка по циклам дисциплин, необходимым для поступления в средние и высшие профессиональные учебные заведения;

1.4. разработка и реализация комплекса мероприятий по формированию потенциального контингента студентов Филиала КузГТУ в г. Белово.

В целях установления преемственности научной работы в Филиале КузГТУ в г. Белово проводятся научные конференции студентов и учащихся, в которых участвуют не только студенты института, университета и его филиалов, но и учащиеся старших классов городских школ.

Основными направлениями работы являются информационная и профориентационная деятельность. В рамках этого направления на базе филиала КузГТУ в г. Белово регулярно проводится «День открытых дверей», в котором традиционно принимают участие учащиеся школ города и района. Филиал регулярно представляет свои презентации на Ярмарках образовательных услуг в гг. Ленинск-Кузнецком и Ленинск-Кузнецком районе, Гурьевске, Салаире, Белово и Беловском районе. Преподаватели всех кафедр и отдельных структурных подразделений

филиала задействованы в проведении профориентационных мероприятий, организуют информационные выступления на родительских и ученических собраниях, перед администрациями школ города и района, а так же выездные мероприятия-презентации с привлечением студентов-старшекурсников.

Регулярно подготавливаются и распространяются через средства массовой информации специальные агитационно-информационные материалы о деятельности института, размещается и обновляется информация на сайте института. Преподавательский состав отдельных специальностей традиционно работает в целевых аудиториях.

Учащиеся школ по инициативе преподавателей вуза принимают активное участие в олимпиадах и научных конференциях разного уровня, что способствует формированию их устойчивой ориентации на будущую профессию. Преподаватели института готовят школьников к участию в научной конференции школьников, студентов и молодых ученых.

Учебно-методическая и кадровая база филиала готова и адаптирована для подготовки абитуриентов г. Белово и Беловского района к поступлению в образовательные заведения разного уровня, в том числе к проведению курсов подготовки к ЕГЭ. Преимуществом курсов для абитуриентов, организуемых на базе филиала, является их невысокая стоимость, удобное расписание, высокая квалификация преподавательского состава. Порядка 10 лет на регулярной основе действует «школа по интересам» для учащихся 10-11-х классов. Ежегодно довузовской подготовкой в рамках школы охватывается более 100 учащихся (школы № 16, 14, 32, 19, лицей 22 и др.). Преподаватели вуза осуществляют подготовку школьников к поступлению в высшие и средние профессиональные учебные заведения, а также способствуют более углубленному изучению учебного материала, включению учащихся в научно-исследовательскую работу. Школьники города могут получить высококачественные образовательные услуги и в рамках подготовительных курсов, непосредственно ориентированных на подготовку к ЕГЭ.

Комплексная работа в рамках ЦНО ориентирована прежде всего на школы г. Белово. Блок школьного образования представлен профильными классами лицея №22 г. Белово. В учебный процесс данных школ внесены спец. курсы, читаемые вузовскими преподавателями. Ежегодно преподаватели филиала (к.б.н. Л.И. Законнова, к.и.н. И.Ю. Верчагина, С.В. Белов) читают спецкурсы в данном образовательном учреждении. Уровень остепененности преподавателей, работающих в профильных классах, составляет 67 %. Учащиеся школ под руководством преподавателей филиала принимают активное участие в олимпиадах и научных конференциях разного уровня. Так за последний год 4учащихся города,

подготовленные преподавателями филиала КузГТУ в г. Белово, стали победителями и лауреатами городских, региональных и международных научных конкурсов:

Таким образом, в последние годы происходит существенное увеличение количественных показателей работы вуза с образовательными учреждениями города (увеличение контингента, охваченного довузовской подготовкой, в том числе подготовительными курсами; возросло количество учащихся, принимающих участие в научных конференциях, проводимых на базе филиала.

Произошло изменение качественных показателей (возрос уровень подготовки научно-исследовательских докладов школьников, улучшилась качественная успеваемость студентов ДО, прошедших через систему учебно-профориентационной работы). Расширен перечень направлений учебно-профориентационной работы (работа с потенциальными абитуриентами через систему Интернет, привлечение к работе с абитуриентами студентов-старшекурсников и др.). В рамках ЦДО филиала КузГТУ в г. Белово сложилась устойчивая система связей с Управлением образования Администрации г. Белова, Информационно-методическим центром г. Белова, со школами города.

Список литературы

1. http://pravo.gov.ru/laws/acts/15/4952451088.html
2. Карьерист.ру // Kemero-vo.careerist.ru/Кемерово_обзор_рынка_труда /article6942
3. Департамент труда и занятости населения Кемеровской области //www.ufz-kemerovo.ru/home.aspx

УДК 796/ 799

М.Ю. СКВОРЦОВА, доцент, канд. пед. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.А. РУКАВИШНИКОВА, студентка
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Организация процесса физического воспитание студентов в техническом вузе направлена на формирование профессионально важных физических качеств студентов в связи с целевыми заказами производства, требующих адекватности качества образования и его результатов на международном рынке образовательных услуг.

Однако одной из социальных проблем современного общества является снижение уровня здоровья молодого поколения, которая нашла отражение во всех целевых программах охраны здоровья населения Российской Федерации. Задача повышения работоспособности и уровня здоровья студенческой молодежи становится все более значимой в настоящее время и должна решаться в рамках учебной дисциплины «Физическая культура», в том числе с использованием традиционных и инновационных средств [1].

В соответствии с требованиями современного производства, и в первую очередь на предприятиях угольной промышленности, будущие специалисты должны обладать не только фундаментальными разносторонними знаниями, умениями и навыками в профессиональной деятельности, но и совокупностью устойчивых психофизических свойств, таких, как общая и специальная выносливость, различные проявления силовых способностей, уравновешенность, целеустремленность, высокая работоспособность и нервно-психологическая устойчивость [2].

Анализ уровня физической подготовленности и показателей здоровья студентов горных специальностей Кузбасского государственного технического университета показал, что увеличилось количество студентов, которым рекомендованы занятия физическим воспитанием в подготовительной и специальной группах: в 2008 году в данных группах занимались 10,5 % от общей массы студентов 1 и 2 курса, в 2009 году этот процент составил 28 %, в 2010 году процент студентов с низким физическим развитием повысился до 41. За последние годы значительно увеличилось число молодых людей, освобожденных от практических занятий физической культурой, в 2008 году в специально-теоретических группах занималось 2,5 % всех студентов первых курсов, в 2009 году – 7 %, в 2010 году – 10 процентов (рис. 1).

Сложный график студенческой жизни является одним из ключевых факторов ухудшения здоровья молодого поколения. Более 60 % студентов средних и высших учебных заведений страдают хроническими заболеваниями, и эта ситуация ухудшается в связи с отсутствием культуры здорового образа жизни, нерационального режима дня, наличием вредных привычек, низкой двигательной активности студентов.

Таким образом, возникает противоречие между повышением интенсивности человеческой деятельности в условиях производства, темпа современной жизни и уровнем здоровья будущих специалистов.

Цель нашего исследования – поиск инновационных средств и методик проведения занятий физическим воспитанием для студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья.

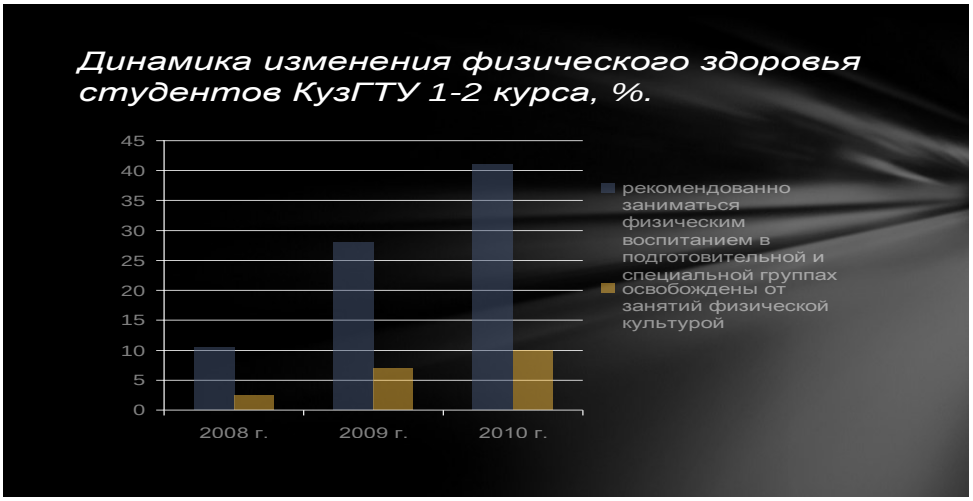


Рис.1

В соответствии с целью был проведен анализ научной литературы по вопросам использования методик дыхательной гимнастики для лиц, имеющих заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Нами была выбрана дыхательная гимнастика Александры Николаевной Стрельниковой, как эффективное средство профилактики и лечения самых различных заболеваний. Главный плюс этой гимнастики в том, что она оказывает на организм человека комплексное лечебное воздействие: положительно влияет на обменные процессы, играющие важную роль в кровоснабжении, в том числе и легочной ткани, восстанавливает нарушенное носовое дыхание, устраняет некоторые морфологические изменения в бронхолегочной системе (спайки, слипчатые процессы), способствует рассасыванию воспалительных образований, восстановлению крово- и лимфоснабжения, налаживает нарушенные функции сердечно-сосудистой системы, исправляет развившиеся в процессе заболевания различные деформации грудной клетки и позвоночника, повышает общую сопротивляемость организма, его тонус, оздоровляет нервно-психическое состояние у больных[3].

Нами был проведен педагогический эксперимент по внедрению дыхательной гимнастики Стрельниковой в процессе физического воспитания студентов горных специальностей Кузбасского государственного технического университета. Была создана экспериментальная группа из числа студентов, имеющих заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем, в количестве 20 человек. Два раза в неделю на занятиях физическим воспитанием будущие специалисты выполняли дыхательные упражнения в соответствии с методикой А.Н. Стрельниковой. Педагогический эксперимент проходил в течение одного учебного года. В качестве показателей оценки эффективности использования данных нетрадиционных средств физической культурой

применялись учет количества учебных дней, пропущенных студентами по причине болезни, и субъективная оценка состояния здоровья и самочувствия самими занимающимися.

Нами было проведено исследования данных межвузовской поликлиники по числу заболеваний и количеству дней по больничным листам. По окончании эксперимента установлено, что количество дней, пропущенных студентами в результате заболеваний, снизилось на 20% по сравнению с предыдущим учебным годом. Кроме того, анализируя анкеты участников эксперимента в начале и в конце педагогического исследования, можно сделать вывод, что практически все студенты отмечают улучшение своего самочувствия, повышение работоспособности.

Таким образом, нами установлено, что дыхательная система А.Н. Стрельниковой является универсальным средством повышения уровня здоровья студентов, испытывающих колоссальные умственные и психические нагрузки и имеющих заболевания сердечно-сосудистой, дыхательной систем, таких как вегетососудистая дистония, бронхиальная астма, хронический бронхит и гайморит.

Список литературы

1. Шабунова А.А. Здоровье населения в России: состояние и динамика: монография [Текст]/ А.А. Шабунова. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2010. – 408 с.
2. Заплатина О.А. Роль физического воспитания в подготовке студентов вуза к будущей профессиональной деятельности: Автореф. дис…канд. пед. наук/ О.А. Заплатина. – Кемерово, 2007. – 24 с.
3. Дубровская С.В. Дыхательная гимнастика Стрельниковой./ С.В. Дубровская. – М: РИПОЛ, 2010. – 64 с.

УДК 378.04

Ю.М. ИГНАТОВ, зав. каф. МДКиГ, к.т.н. (КузГТУ, г. Кемерово),
А.Ю. ИГНАТОВА, доцент, к.б.н. (КузГТУ, г. Кемерово),
С.А. КИЗИЛОВ, аспирант (КузГТУ, г. Кемерово)
г. Кемерово

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЩЕЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В УГОЛЬНОМ РЕГИОНЕ

В настоящее время подготовка специалиста в системе высшего профессионального образования основана на реализации компетентностного подхода. Компетентностный подход предполагает

четкую ориентацию на будущее, которая проявляется в возможности построения своего образования с учетом успешности в личной и профессиональной деятельности.

Реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Будущий специалист должен научиться решать профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности. Например, специалист по направлению подготовки «Горное дело» готовится к таким видам профессиональной деятельности, как производственно-технологическая, организационно-управленческая, научно-исследовательская, проектная. Выпускник вуза должен обладать общекультурными, профессиональными и профессионально-специализированными компетенциями. Формирование тех или иных компетенций в процессе обучения студентов предусмотрено рабочими программами дисциплин, разработанными на основе ФГОС-3.

Например, разработанная нами рабочая программа дисциплины «Горнопромышленная экология», предусматривает формирование таких компетенций, как «готовность использовать научные законы и методы при оценке состояния окружающей среды в сфере функционирования производств по разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов» – ПК-3; «владение методами рационального и комплексного освоения георесурсного потенциала недр» – ПК-8; «готовность разрабатывать планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов» – ПК-11 и др.

Для формирования компетенций перспективно использование в образовательном процессе современных технических средств обучения, в частности, планшетных компьютеров. Планшетный компьютер в настоящее время позволяет заменить книгу, тетрадь, но, главное, использовать специально созданные интерактивные и мультимедийные обучающие пособия.

С помощью программного обеспечения компании Apple iBooks Author нами разрабатывается версия электронного учебного пособия по экологии. Применение планшетных компьютеров в обучении студентов позволяет,

не выходя из аудитории, выдать каждому из студентов необходимый материал по рассматриваемой теме с использованием внутривузовской беспроводной сети, проводить тест-опросы с выводом результатов на экран компьютера преподавателя. Основным применением планшетных компьютеров может стать замена бумажных учебных приложений. Современные средства разработки позволяют создавать не скучные, унылые пособия с неясными схемами и плохо различимыми формулами, а мультимедийные пособия с четкими ясными изображениями, которые при необходимости можно легко увеличить, возможностью вставки, как обычной, так и 3D-анимации, для более наглядного отображения подаваемого материала. Особым достоинством применения планшетных компьютеров можно выделить более эргономичную форму по сравнению с ноутбуком или персональным компьютером, для чтения материала с экрана, а так же возможность легко изменять размер шрифта для более комфортного чтения.

Согласно ФГОС-3 в вузе должно быть предусмотрено применение инновационных технологий обучения. В процессе преподавания дисциплины «Экология» нами используются следующие инновационные образовательные технологии и методы: аудиовизуальное обучение, т.е. обучение с помощью технических средств, лекции-конференции, игровая форма занятий, инновационные формы тестовых заданий, исследовательские методы, применение электронных образовательных ресурсов, проведение студенческих олимпиад, работа в группах, технологии решения проблемных практических ситуаций. Например, при реализации игрового метода проводятся ролевые игры: «Критическая экологическая ситуация», «Чистый воздух», «Оценка экологического состояния водных объектов». Применение исследовательского метода предполагает участие студентов в научных исследованиях, например, по оценке загрязненности атмосферного воздуха г. Кемерово выбросами автотранспорта. При разработке тестовых заданий вместо заданий с выбором одного правильного ответа из 3–5 вариантов использовались фасетные задания с выбором нескольких правильных ответов из большего числа вариантов, задания на установление правильной последовательности, на установление соответствия, на выбор правильных суждений, при этом тестовый материал был иллюстрирован. Анализ объективных результатов учебной деятельности студентов (контрольное тестирование по предмету, ФЭПО-тестирование, результаты студенческих олимпиад) показывает повышение эффективности усвоения знаний. Так, регулярное применение одних только тестовых заданий при изучении дисциплины в течение семестра способствовало увеличению числа студентов, освоивших все дидактические единицы по результатам ФЭПО-тестирования, с 55-63 % (ФЭПО-13) до 88-100 % (ФЭПО-14). Высоки и

результаты студенческих олимпиад по экологии, прошедших весной-летом 2012 г. Общее количество наград, полученных студентами КузГТУ по итогам олимпиад Международного и Всероссийского уровней, составило 60 дипломов, 7 медалей и 2 денежные премии.

Еще один путь совершенствования подготовки будущих специалистов – обучение студентов работе с прикладными пакетами компьютерных программ. Такие прикладные модули используются для решения конкретных задач на производстве. В настоящее время немногие горные предприятия Кузбасса имеют такие программы. Студенты горных специальностей КузГТУ успешно осваивают различные версии MapInfo с комплексом прикладных модулей, что позволит им в будущем использовать полученные в вузе знания. Освоение компьютерных моделирующих программ, таких как ASPEN, HYSYS, PRO-II, ChemCad, AutoCAD, предусмотрено и при обучении будущих углехимиков и нефтехимиков.

Эффективны разработка и использование компьютерных программ для имитаций пуска и работы различного оборудования. Такие программы позволяют обучать вновь устроившихся специалистов и работников обращению со сложным оборудованием, сымитировать все необходимые действия работников в конкретной ситуации и показать правильно ли работник выполнил эти действия. На данный момент нами разработана и функционирует программа пуска центробежного насоса, разрабатывается программа пуска аммиачного компрессора.

Таким образом, нами выявлены основные пути повышения общей и профессиональной подготовки специалистов: прежде всего, это реализация в процессе обучения компетентностного подхода подготовки специалиста, широкое использование информационных методов и инновационных образовательных технологий, установка на активное овладение новыми видами деятельности, знаниями и умениями.

СЕКЦИЯ

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО И НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.227.

М.П. БАРАНОВА, доцент, канд. техн. наук
(СФУ, г. Красноярск)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ ТРАНСПОРТА ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Открытый способ разработки угольных месторождений – это самый экономически выгодный способ добычи угля. Прогресс открытого способа разработки зависит от состояния и развития транспорта – одного из самых важных технологических звеньев открытых горных работ. Для энергетических углей наиболее перспективными считаются технологические схемы гидротранспорта угля.

Для правильного проектирования систем гидротранспорта необходимы данные о целом ряде параметров будущей системы. Важным этапом этих расчетов является гидравлический расчет трубопроводов. Модели для гидравлического расчета трубопровода представляют собой либо систему из двух уравнений для осаждающихся гидросмесей (законы изменения гидравлических потерь и критических скоростей в зависимости от параметров суспензии и диаметра трубопровода), либо два уравнения для гидравлических потерь при ламинарном и турбулентном режимах для неосаждающихся суспензий. Для неосаждающихся суспензий в работе предложена модель обобщенной неньютоновской жидкости, учитывающая особенности реологического поведения водоугольных суспензий. Эта модель является эмпирической зависимостью, полученной на экспериментальных трубопроводах различных диаметров при транспортировании водоугольных суспензий и гидросмесей самых различных концентраций и гранулометрических составов. [1]

Гидравлический расчет трубопроводов для стабильных гидросмесей (суспензий) из тончайших фракций ($d_{т.ф.} < 50$) заключается в определении гидравлических потерь и производительности и должен проводиться с учетом реологических характеристик ВУС, которые при высоком содержании в них угля почти всегда являются неньютоновскими жидкостями и, как правило, тиксотропны. Суспензии обычно описывают наиболее часто применяемыми в реологии неньютоновских жидкостей моделями псевдопластичной жидкости (степенная модель Оствальда) или вязкопластичной жидкости (модель Бингама-Шведова). Константы этих моделей определяются из опытных данных, полученных на трубчатых или ротационных вискозиметрах. Они должны быть инвариантны относительно типоразмеров измерительных приборов. Однако, как

показывают исследования, при определении реологических характеристик угольных суспензий наблюдается существенная их зависимость от скорости течения. Различие может достигать 200 %. Попытки объяснить это явление гипотезой пристенного проскальзывания приводят к значительным усложнениям и не могут считаться удовлетворительными, т.к. дают большие (до 30 %) расхождения значений реологических параметров, определяемых на трубчатых и ротационных вискозиметрах.

Реограммы течения ВУС имеют два резко отличающихся друг от друга участка: нелинейный - при малых скоростях сдвига (j < 10-20 $с^{-1}$) и линейный - при скоростях сдвига, превышающих указанные значения. Такой характер реограмм течения объясняется постепенным разрушением агрегатов частиц, которое заканчивается при некотором напряжении сдвига θ, характеризующем суспензию. Это обстоятельство служит причиной появления больших ошибок при использовании моделей Оствальда и Бингама, а также Балкли-Гершеля, для описании течения суспензий в широкой области скоростей сдвига.

Предлагается начальный и линейный участки реограмм описывать разными уравнениями:

для начального участка -
$$\varphi = \sum_{i=0} L_i \tau^{2i}, \qquad (1)$$
где L_i – безразмерный коэффициент, τ – напряжение сдвига, i – i-тая фракция;

для линейного участка -
$$\tau = dg\rho + \mu j, \qquad (2)$$
где d - диаметр, g – ускорение свободного падения, ρ – плотность суспензии, μ – вязкость суспензии, j – скорость сдвига. Комбинируя уравнения (2) и (3), для течения суспензии по трубам с полностью разрушенными агрегатами частиц для скорости течения получим выражение:

$$U_{(\tau_1)} = \frac{1}{4} d\tau_\omega \sum_{i=0} \frac{L_i}{i+1}\left(1-\tau_1^{2(i+1)}\right)\tau_\omega^{2i}, \qquad (3)$$

где τ_ω – напряжение сдвига на стенке; $\tau_1 = \frac{\tau}{\tau_\omega}$. Тогда расход суспензии (W)

$$W = \frac{\pi d^3}{16}\tau_\omega \sum a_i D_1^{2i}, \qquad (4)$$

где θ – напряжение сдвига; $D_1 = \frac{\tau_\omega}{\theta}$; $a_i = \frac{L_i}{i+2}\theta^{2i}$.

Учитывая тот факт, что модель Бингама дает для W нелинейность, для получения совместного решения в обеих областях достаточно в формуле (4) ограничиться двумя или тремя первыми членами. Во втором

случае эта формула имеет приближенное решение относительно ΔP, которое можно записать следующим образом:

$$\Delta P = \frac{4\theta}{d} L\left(a + \sqrt{bV + C}\right), \tag{5}$$

где

$$a = \frac{1}{3} - \frac{1}{4}\left(\frac{L_0}{L_1}\right);\ b = \frac{1}{2L_1};\ V = \frac{16W}{\pi d^3 \theta};\ C = \left(\frac{L_0}{4L_1}\right)^2 - \frac{1}{6}\frac{L_0}{L_1}.$$

Расчеты, проведенные с использованием предлагаемой модели, подтверждаются экспериментами, проведенными на суспензиях из каменного Кузнецкого и бурого Бородинского углей (таблица).

Таблица

Потери давления на 1 км трубопровода при скорости транспорта ВУС 1 м/с

Диаметр трубы, мм	Потери давления, МПа (экспериментальные данные)	Потери давления, МПа (расчетные)
36	0,29	0,25
52	0,24	0,20
81	0,21	0,18
1000	0,13	0,15

Таким образом, можно считать, что предлагаемая модель обобщенной неньютоновской жидкости позволяет точнее, чем общепринятые модели, учитывать особенности реологического поведения суспензий при гидравлическом расчете трубопроводов.

Список литературы

1. Баранова, М. П. Физико-химические основы получения топливных водоугольных суспензий: монография / М. П. Баранова, В. А. Кулагин; ред. В. А. Кулагин - Красноярск: ИПК СФУ, 2011. – 160 с.

УДК 622.32

А.С. БОГАТЫРЕВА, доцент, к.т.н. (КузГТУ)
Е.А. САЛТЫМАКОВ, студент гр. ФП-081 (КузГТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛАСТА ПО ДАННЫМ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЕРНОВ

Неоднородность коллектора следует принимать более широко, чем просто анизотропию. При описании петрографических свойств пород для их детального понимания следует оперировать масштабами неоднородности.

Анализ керна представляет собой основной метод изучения макроскопических неоднородностей пород. Лабораторные измерения пористости, проницаемости осуществляются на макромасштабном уровне. Полученные данные впоследствии используются так же для разработки математических моделей, описывающих поведение залежей и месторождений.

При описании неоднородности пористых сред следует рассматривать только макроскопические изменения свойств породы, так как фундаментальные законы движения флюидов в пористых средах учитывают именно их макроскопические характеристики. Образцы пород обычно характеризуют только малую часть пласта, и для описания свойств всего пласта или какой-либо его части, данные полученные при анализе этих образцов следует подвергать статистической обработке.

Известны три стандартных метода расчета средней проницаемости пласта: арифметический, геометрический и гармонический.

Невзвешенное среднеарифметическое значение проницаемости k_A определяется выражением

$$k_A = \frac{\sum k_i}{n}, \qquad (1)$$

где k_i – проницаемость i-го керна, мД; n – число кернов.

Для неоднородных и анизотропных пластов предпочтительным является геометрическое осреднение, которое выполняют из предположения о случайном распределении свойств матрицы пласта:

$$k_r = \sqrt[n]{k_1 k_2 k_3 \ldots k_n} \qquad (2)$$

Среднегеометрическое значение проницаемости адекватно характеризует ее распределение, наблюдаемое во многих пористых породах.

Метод гармонического осреднения лучше всего подходит для пластов, расположенных последовательно, как, например, в системах с замещением коллектора по латерали. Этот метод осреднения широко используется при моделировании месторождений, когда модель включает последовательно соединенные ячейки сетки:

$$k_{cr} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i}}. \qquad (3)$$

Эффективная проницаемость, обычно измеряемая на образцах керна, может быть также оценена с помощью выражения:

$$k_{эф} = (1 + \frac{\sigma^2}{6}) \exp(\ln k_G), \qquad (4)$$

где $\ln k_G$ – среднегеометрическое натуральных логарифмов значений проницаемости, равное

$$\ln k_G = \sqrt[n]{\ln k_1 \cdot \ln k_2 \cdot \ln k_3 \ldots \ln k_n}\,, \qquad (5)$$

σ – дисперсия натуральных логарифмов значений проницаемости

$$\sigma^2 = \frac{\sum(\ln k_i - \ln k)^2}{n};\ \ln \bar{k} = \frac{\sum \ln k_i}{n}; \qquad (6),$$

Проницаемость, измеренная на образце керна, представительна только для этого конкретного керна. Использование этого значения в качестве значения проницаемости всего пласта-коллектора может привести к ошибочному прогнозу продуктивности скважины, так как образцы керна представляют лишь малую часть объема пласта, вскрытого конкретной скважиной, и еще меньшую часть пласта-коллектора в целом. Среднюю эффективную проницаемость, полученную гидродинамическими исследованиями скважины на неустановившемся режиме, следует рассматривать как точное значение проницаемости пласта-коллектора. За пределами области дренирования средняя проницаемость может быть иной, если радиальная изменчивость проницаемости велика [1].

По структурной скважине имеются данные проницаемости 15 кернов 96, 186, 180, 200, 212, 165, 145, 198, 186, 143, 118, 212, 117, 99, 88. Установим степень неоднородности пласта и укажем метод осреднения его проницаемости.

Среднее арифметическое значение проницаемости по имеющимся данным проницаемости кернов равно k_A=156,3мД, среднее геометрическое k_r = 150 мД, среднее гармоническое значение проницаемости
k_{cr} = 149 мД,

Сравнение вычисленных значения проницаемости позволяет сделать предварительный вывод об однородности пласта по проницаемости.

Вычислим также эффективное значение проницаемости пласта $k_{эф}$ = 157,97 мД, по значению оно наиболее близко к среднему арифметическому значению k_A = 156,3мД и несущественно отличается от остальных $\bar{k}_r$ = 150 мД, k_{cr} = 149мД. Это еще одно подтверждение тому, что данный пласт является практически однородным.

Для окончательного вывода о степени однородности пласта необходимо вычислить значение коэффициента изменчивости проницаемости пласта V_k = (k_{50} – $k_{84,1}$)/ k_{50}, где k_{50} – значение проницаемости, выше которого в данной выборке 50 % значений, $k_{84,1}$ – значение проницаемости, выше которого в данной выборке 84,1 % значений и по значению этого коэффициента сделать окончательный вывод о степени однородности данного пласта [1].

Распределим значений проницаемости в порядке её убывания и вычислим кумулятивное распределение частостей.

Таблица 1

Номер керна	Проницаемость керна, k, мД	Частость	Число образцов с более высокой проницаемостью	Кумулятивное распределение частостей,%
1	2	3	4	5
5, 12	212	2	0	0
4	200	1	2	13,3
8	198	1	3	20
2,9	186	2	4	26,7
3	180	1	6	40
6	165	1	7	46,7
7	145	1	8	53,3
10	143	1	9	60
11	118	1	10	66,7
13	117	1	11	73,3
14	99	1	12	80
1	96	1	13	86,7
15	88	1	14	93,3

Уравнение аппроксимирующей прямой, полученное с применением программы Excel имеет вид $y = -1{,}51 \cdot x + 228{,}8$, точность аппроксимации практически равна 1, $R^2 = 0{,}974$. Применение программы Excel является предпочтительным, так как дает более точный результат.

Определим поэтому уравнению значение проницаемости, соответствующее кумулятивной частости равной 50% и 84,1%. $k_{50} = -1{,}51 \cdot 50 + 228{,}8 = = 153{,}3$ мД, $k_{84,1} = -1{,}51 \cdot 84{,}4 + 228{,}8 = 101{,}36$ мД и вычислим коэффициент изменчивости проницаемости пласта V_k = (153,3-101,7)/153,3=0,34.

Коэффициент изменчивости проницаемости пласта находятся в пределах $0{,}25 < V_k < 0{,}50$. Согласно классификации такой пласт считается неоднородным и моделирование пласта можно проводить с постоянным коэффициентом проницаемости, определенным методом геометрического осреднения.

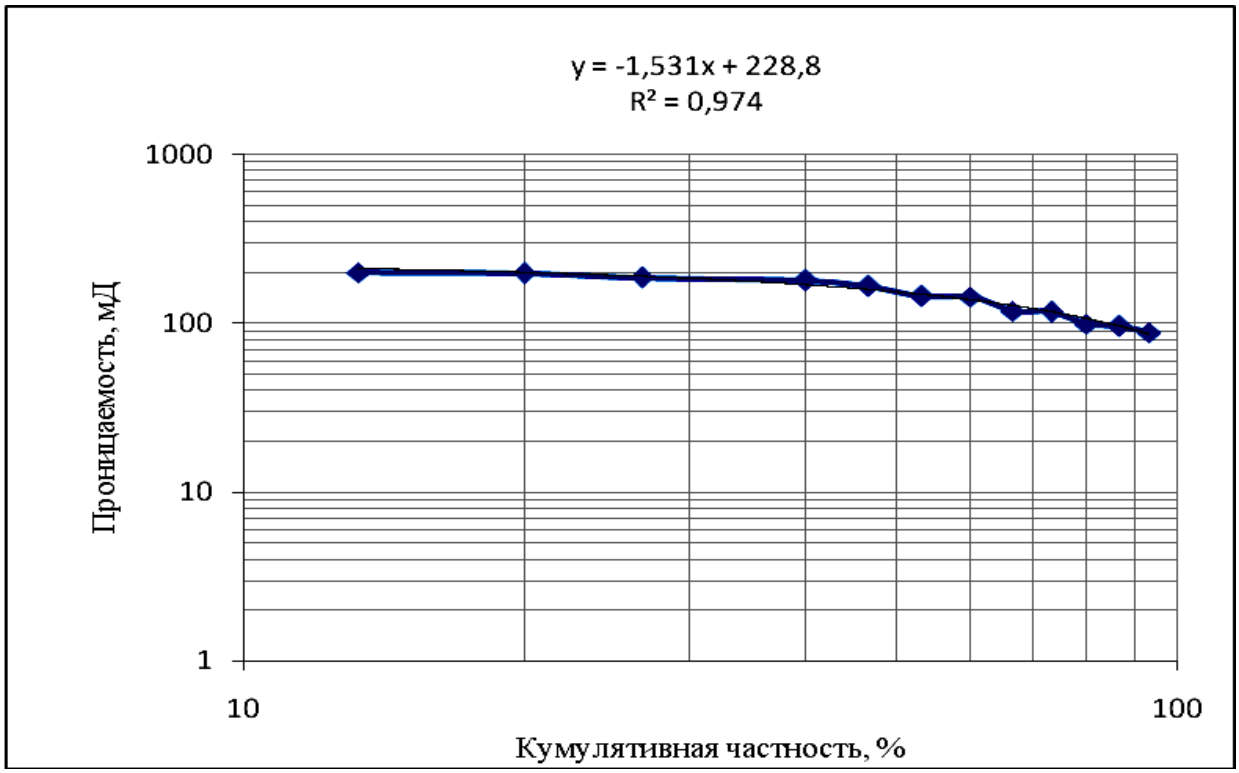


Рис. 1. Логнормальное распределение проницаемости

Список литературы

1. Тиаб, Д. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов : / Дж. Тиаб, Э. Ч. Доналдсон; пер. с англ. М. Д. Углова; под ред. В. И. Петерсилье, Г. А. Былевского. – М. : Премиум Инжиниринг, 2009. – 868 с.

УДК 622.831:620.171.5

А.С. ГУМЕННЫЙ, аспирант кафедры физики
(КузГТУ, г. Кемерово)
В.В. ДЫРДИН, профессор, д.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
Т.И. ЯНИНА, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРАЕВЫХ ЗОН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ СПЛОШНЫХ ФОТОУПРУГИХ ДАТЧИКОВ

В результате технологических работ при выемке полезного ископаемого подземным способом напряженное состояние массивов

постоянно меняется. Рост напряжений в краевых зонах угольных пластов сопровождается увеличением вероятности обрушений, завалов, создания удароопасных ситуаций. Для контроля изменения напряженного состояния краевых зон массива горных пород нами предложено устройство непрерывного контроля массива горных пород на основе сплошных фотоупругих датчиков [1]. В этой статье описывается методика контроля с помощью данного устройства [1]. Она включает в себя выбор участка наблюдения, размещение узлов установки, бурение скважин для сплошных фотоупругих датчиков, установку сплошных фотоупругих датчиков, регистрация информации с них.

Выбор участка измерения

Сплошные фотоупругие датчики устанавливаются в местах наиболее вероятного изменения напряженного состояния массива горных пород: в зоне опорного давления, в охранных целиках, на участках пластов с труднообрушаемыми кровлями, в передовых горных выработках, вблизи сопряжений очистных и подготовительных выработок.

Размещение узлов установки

Наземная часть устройства включает в себя гелий-неоновый лазер 1, оптический детектор 3, контролирующий компьютер 4, блок сигнализации, регистрации и индикации 5. Она монтируется в отделе газового контроля, отдельные блоки устройства соединяются между собой по схеме на рис.1. Надземная и подземные части устройства соединяются между собой волоконно-оптическими кабелями, проложенными вместе с линиями электроснабжения и связи, так как электрические помехи не влияют на передаваемый оптический сигнал.

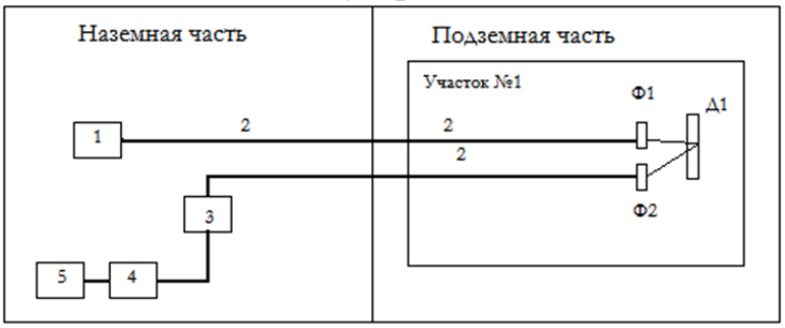


Рис.1. Функциональная схема устройство непрерывного контроля напряженного состояния массивов горных пород

Подземная часть устройства включает в себя сплошной фотоупругий датчик Д1, который с помощью волоконно-оптических кабелей 2, собирающих линз Ф1 и Ф2 соединяется с наземной частью устройства. Подобное размещение частей устройства исключает токоведущие узлы в самой шахте, что делает устройство безопасным для использования в шахтах, опасных по газу и пыли.

Подготовка скважин для сплошных фотоупругих датчиков

Сплошной фотоупругий датчик имеет диаметр 40 мм и длину 65 мм, что обуславливает параметры скважины для его установки. Скважины бурятся с помощью ГП-1, БС, МС-6, СБС-100 или любого другого бурового оборудования, способного пробурить скважину диаметром 41-43мм и глубиной не менее 1 м. Поверхность скважины необходимо отшлифовать. Существенным является соблюдение диаметра скважины в пределах 41-43 мм, так как увеличение зазора между датчиком и массивом горных пород неизбежно ведет к увеличению погрешности определения напряженного состояния.

Установка сплошных фотоупругих датчиков

При установке датчиков в скважине рекомендуется пользоваться сомоотвердевающими клеями на основе эпоксидных смол типа ЭД16, ЭД20. Технология установки фотоупругих датчиков в скважины хорошо разработана Г.И. Кулаковым и заключается в следующем: клей в скважину доставляется с помощью медной пластины изогнутой полукругом диаметром 40 мм и закрепленной на конце установочной штанги. На медную пластину изогнутую полукругом помещается жидкий клеевой состав, который помещается в скважину с помощью установочной штанги, затем штангу поворачивают на 180 градусов вокруг своей оси и клей выливается. Сплошной фотоупругий датчик вставляют в скважину и досылают его с помощью установочной штанги, нажатием на штангу клей распределяется в зазоре между датчиком и стенками скважины. Следует учесть, что для нормальной работы сплошного фотоупругого датчика, слой клея должен быть равномерным и сплошным, его толщина не должна превышать 1-2 мм, должны быть исключены подтекания клея на торец датчика. Также ось датчика должна совпадать с осью скважины. С учетом того, что отвердевание клея на основе эпоксидной смолы происходит за 20 минут, проверку вышеперечисленных требований следует проводить немедленно после установки датчика. В случае выявления несоответствий вышеизложенным требованиям следует произвести корректировку установленного датчика.

Регистрация информации с сплошных фотоупругих датчиков

Интерференционная картина в виде чередующихся светлых и темных колец, полученная от сплошного фотоупругого датчика, фокусируется линзой Ф2 и по волоконно-оптическому кабелю передается на поверхность, где оптический детектор 3 (цифровая видеокамера) регистрирует интерференционную картину и передает ее на контролирующий компьютер 4, где специальная программа отслеживает изменение радиуса m-го интерференционного кольца и определяет изменение напряжений в массиве.

Расчет изменения напряженного состояния

Как было показано в работе [2] изменение нагрузки, приложенной к сплошному фотоупругому датчику, пропорционально изменению радиуса определенного интерференционного кольца:

$$(p-q)=\frac{1}{Cb_1}\left(\sqrt{\frac{r_m^2d^2+m^2\lambda^2L^2}{4d^2L^2}}-n_0\right), \qquad (1)$$

где p и q – равномерно распределенная нагрузка на датчик во взаимно перпендикулярных плоскостях, b_1 - постоянный коэффициент, зависящий от упругих постоянных горных пород и материала датчика, L - расстояние от фотоупругого датчика до источника света, m - порядковый номер интерференционной полосы, n_0 – показатель преломления фотоупругого датчика без нагрузки, , С – оптическая постоянная материала по напряжениям, r_m – радиус m-го интерференционного кольца, d – толщина сплошного фотоупругого датчика, λ - длина волны света, падающего на сплошной фотоупругий датчик.

Из выражения (1) следует, что для вычисления равномерно распределенной нагрузки (p-q) необходимо точное значение коэффициента b_1, для вычисления которого необходимо в лабораторных условиях определить механические параметры исследуемых горных пород и материала фотоупругого датчика (модуль упругости и коэффициент Пуассона).

В соответствии с формулой (1) программа рассчитывает изменение напряженного состояния массива и сравнивает полученные данные с предельными для данных пород и углей, определенными в лабораторных или натурных условиях. Эти данные заносятся в программу предварительно и в процессе эксплуатации устройства могут уточняться. После сравнения компьютером 4 данные поступают в блок сигнализации, регистрации и индикации 5, где архивируются. Также блок 5 осуществляет световую и звуковую индикацию состояния массива: зеленый, красный индикатор и звуковая сигнализация.

Таким образом, устройство позволяет осуществлять непрерывный контроль напряженного состояния массива горных пород.

Список литературы

1. А.с. RU 2 421615 C1, МПК E21C 23/00. Устройство непрерывного контроля массива горных пород/ ГОУ Кузбасский Государственный технический университет; А.С. Гуменный [и др.]. – Опубл в Б.И. 2011. - №17

2. Гуменный А.С. Зависимость параметров интерференционной картины сплошного фотоупругого датчика от механических напряжений / Дырдин В.В., Янина Т.И. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2011. - №2. – С. 69-72.

3. Грицко Г.И. Измерение напряжений в горных породах фотоупругими датчиками / Г.И. Грицко, Г.И. Кулаков. – Новосибирск : Наука, 1978. – 144 с.

УДК 504.064.2:550.837.31

М.В. ГУЦАЛ, доцент, к-т техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
С.В. МОРОЗОВА, студентка
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.Н. СОЛДАТОВА, студентка
(КузГТУ, г. Кемерово)

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГРУНТОВ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.

В настоящее время весьма актуальной становится проблема очистки грунтов от различных загрязнителей промышленного происхождения. Наиболее загрязнены грунты в населенных районах, вблизи транспортных магистралей, на территориях промышленных объектов, как закрытых, так и находящихся в эксплуатации. Так же серьезной проблемой является загрязнение грунтов радиоактивными элементами в результате деятельности предприятий атомной промышленности. В качестве экотоксикантов могут выступать тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, цианиды, хлорорганика, радионуклиды. Концентрация экотоксикантов может в сотни раз превышать ПДК.

Основные направления изобретений в области очистки грунтов от экотоксикантов (по результатам анализа базы патентов на изобретения РФ) являются следующие: очистка физическими методами, связанными с выемкой загрязненного грунта и промывкой с растворением загрязнителей в промывающей жидкости; химическими, включающими термические способы, процессы выщелачивания, связывания загрязнителей в комплексные соединения и т.д.; физико-химическими методами, в число которых входят экстракция, фотолиз и флотация; биохимическими методами, подразумевающими применение бактерий в сочетании с вентиляцией почвы воздухом или кислородом (биовентилирование), фиторемидиацию, грибковые технологии, использование ила.

Чаще всего на территориях гражданского и промышленного строительства прибегают к экскавации загрязненного грунта с застраиваемой территории, что, например, в случае наличия вблизи выемочных территорий жилых или промышленных объектов, не является целесообразным. Также к недостаткам связанных с экскавацией способов

можно отнести необходимость перемещения значительных объемов грунтов и отсутствие технологий по утилизации извлеченного грунта.

Для очистки верхней части железнодорожного пути от мелкой фракции и пыли, содержащей соли тяжелых металлов и нефтепродукты применяют механическое перемешивание с вибросепарацией. Щебень при грохочении не очищается от пленочных нефтепродуктов. Степень очистки не превышает 50%. Большая часть экотоксикантов остается неудаленной. Также при применении ряда промывных технологий после обработки грунта остается загрязненная фракция, которая имеет слишком большой объем, либо большое количество воды загрязненной нефтепродуктами, СПАВ.

Потенциально перспективным методом очистки грунтов является электрокинетический метод. Отличительной особенностью метода является возможность его применения для очистки грунтов с низкой фильтрационной способностью непосредственно на месте загрязнения, без выемки и перемещения грунта. В основе этого метода лежит перемещение экотоксиканта, предварительно переведенного в подвижное состояние с помощью реагентов, в поле постоянного электрического тока к одному из электродов. В процессе очистки загрязнения перемещаются вдоль силовых линий электрического поля, распределение которых определяется расположением электродов, скорость перемещения загрязнителя при этом зависит от напряженности поля, что позволяет контролировать процесс очистки и управлять им. Исходные концентрации экотоксикантов могут быть снижены с 10-50 мг/кг до 1-10 мг/кг, что вполне укладывается в существующие нормы.

Таблица - Параметры электрокинетического процесса:

Напряжение на электродах	4-200 В
Напряженность поля	20-200 В/м
Плотность тока	0.5-5.0 А/м^2
Расстояние между электродами	2-10 м
Глубина заложения электродов	2-5,0 м
Максимальный объем грунта, реально очищенный электрокинетической технологией на одном месте	Более 5000 м^3
Эффективность очистки	80-99%

Добиться высокой степени очистки без применения химических реагентов или растворов ПАВ невозможно. Применение специальных химических агентов снижает затраты электроэнергии и времени на очистку. Так было установлено, что наиболее эффективным десорбирующим реагентом для электрокинетической очистки грунтов от радионуклидов является раствор азотной кислоты с нитратом аммония [1].

Вместе с тем выявлено, использование данного реагента приводит к растворению минеральной части грунта и переводу в раствор большого количества макрокомпонентов (Fe, Al, Мп и др.), что влечет за собой повышение расхода электроэнергии и сокращение массы грунта на 10-15%. Установлено, что с ростом напряженности электрического поля и мощности электрообработки увеличивается скорость извлечения радионуклида и сокращается продолжительность процесса, в основном, за счет повышения температуры грунта.

Несмотря на то, что изучение факторов, влияющих на процесс электрокинетической очистки грунтов, имеет длительную историю (с 1960-х гг.), ряд проблем остается малоизученным [2, 3]. Так, слабоизученными остаются свойства некоторых органических экотоксикантов. Перспективным является выявление и подбор экстрагентов, наиболее эффективно выщелачивающих различные экотоксиканты. Также актуальной остается разработка схем рационального комплексного применения методов очистки грунтов, поскольку существующие методы не являются универсальными. Мало внимания уделено проблеме контроля процесса электрокинетической очистки. При переходе от лабораторных исследований к промышленным испытаниям может возникнуть проблема определения электробезопасных параметров установки, поскольку предполагается применение напряжений до 200 В, при этом опасным для жизни является напряжение равное 40 В.

В приведенном анализе использованы материалы базы патентов на изобретения РФ (http://ru-patent.info), неофициального сервера геологического факультета МГУ (http://geo.web.ru), ООО “Экологическая группа” (http://www.ecolog-alfa.kalg.ru).

Список литературы

1. Шевцова Е.В. Исследование и разработка физико-химических основ технологии электрокинетической очистки грунтов от радионуклидов / Е.В. Шевцова. – дисс. канд. техн. наук. – М. – 2003. – 123 с.
2. Королев В.А. Электрохимическая очистка грунтов от экотоксикантов: итоги и перспективы. – Вестник МГУ, сер.4. Геология, 2008, №1. – с.13–20.
3. Королев В.А. Электрокинетическая очистка грунтов от загрязнений на застраиваемых территориях: опыт Нидерландов / В.А. Королев, С.Д. Филимонов. – Инженерная геология, 2008, № 2. – с. 28–33.

УДК 622.271.333

В.В. ДЕМЬЯНОВ, доцент, канд. физ.-мат. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Люминесценция веществ в природе наблюдается в твердом, жидком, газообразном состояниях и охватывает главные сферы Земли, к которым относятся: атмосфера, гидросфера, биосфера, литосфера и техносфера.

В верхних слоях атмосферы наблюдается рекомбинационная люминесценция атомов, молекул и ионов кислорода, азота и других соединений. В гидросфере люминесцируют растворенные органические вещества, биолюминесцентные организмы. Люминесценция биосферы определяется флуоресцентными соединениями флоры и фауны (белками, витаминами, пигментами и другими соединениями). В литосфере наблюдается люминесценция минералов, слагающих горные породы, для большинства которых свойствена фото-, рентгенолюминесценция. Техносфере свойсвены флуо- и фосфоресценция синтетических органических – флуорофоров и неорганических соединений – люминофоров.

Таким образом, можно отметить, что почти всё что нас окружает - люминесцирует, и кажется, что в этом многообразии сложно разобраться, однако геологи, минералоги, биологи, медики и ряд других исследователей давно широко используют в своей работе люминесцентный анализ.

Природные явления люминесценции – северное сияние, свечение некоторых насекомых, минералов, гниющего дерева – были известны ещё в древности, однако систематическое изучение люминесценции начали проводить только в 19 веке.

Следует отметить, что история наблюдений и исследований люминесценции твердых тел началась с минералов, т.к. синтезировать люминесцирующие вещества человечество научилось лишь спустя несколько столетий. В 1602 году итальянский алхимик Винченцо Кашиаролла впервые наблюдал и описал люминесценцию природного минерала – тяжелого шпата (барита). После предварительного обжига минерал был способен запасать солнечную энергию в фазе сульфида бария, возникающей при обжиге, с последующим высвечиванием запасенной светосуммы длительное время в темноте. Это явление назвали фосфоресцецией, а минерал, способный светиться – фосфором, т.е. несущим свет. Название было дано задолго до открытия химического элемента – фосфора.

Свечение других минералов, прекращающееся сразу после отключения возбуждения, назвали флуоресценцией, т.е. по названию флюорита – минерала фтора. Начиная с 1850 года была уже обнаружена люминесценция минералов уранила, кальцита, сфалерита, а к 1960 году была известна люминесценция 20- 25 минералов. К 2000 году в справочнике «Спектры люминесценции минералов», изданном в 2001 году, даны характеристики 285 минералов, полученные примерно с двух тысяч образцов.

В литосфере из горных пород люминесцируют гипергенно-осадочный слой, включающий в себя глины, песчаники, известняки и гранитный, состоящий из метаморфических, магматических пород. Практически не люминесцирует базальтовый слой. Люминесценция этих пород определяется наличием различных примесей, нарушений кристаллической решетки и др. дефектов, создающих так называемые центры люминесценции, и возникает при фото-, катодо-, рентгеновозбуждении.

Исторически сложилось так, что основные наблюдения люминесценции твердых тел были проведены на природных образцах, в то время как исследования физических процессов люминесценции – на неорганических кристаллических веществах (люминофорах и кристаллофосфорах). Одной из первых книг, обобщающих исследования по фотолюминесценции кристаллофосфоров, минералов и драгоценных камней начиная с 1908 и по 1948 годы, была монография П. Прингсгейма «Флуоресценция и фосфоресценция», изданная в 1951 году. Позднее в 1961 году вышла монография Д. Кюри «Люминесценция кристаллов», а в 1964 году – монография Г. Хениша «Электролюминесценция», посвященная подробному рассмотрению процессов в твердых телах, приводящих к преобразованию электрической энергии в свет.

В 1951 году выходит монография Э.И. Адировича «Некоторые вопросы теории люминесценции кристаллов», в 1964 - монография М.В. Фока «Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров», а в 1966 – монография В.В. Антонова - Романовского « Кинетика фотолюминесценции кристаллов», в которых разработаны теоретические вопросы кинетики фотолюминесценции кристаллофосфоров.

Накопленный и обобщенный экспериментальный материал был систематизирован в справочно – библиографических изданиях «Научная литература по вопросам люминесценции (1935 – 1946)», «Люминесценция» том 2 и том 3 (1947 – 1961), том 4 в двух частях (1962 – 1965). Конечно же основной объём научных публикаций посвящен фотолюминеценции газов и паров, конденсированных систем и менее другим видам возбуждения люминесценции, таких как, например, свечение в электрических полях, т.к. электролюминесценция кристаллофосфоров была обнаружена Г. Дестрио в 1947 году. Во второй части тома 4 обобщены работы по

триболюминесценции галогенидов, сульфидов, селенидов и др. соединений, в которых свечение возникало при царапании, ударе, трении и разрушении кристаллов.

При механических воздействиях на кристаллы минералов горных пород возникают акустические, электромагнитные и оптические излучения.

Акустическое излучение обусловлено механическими процессами разрушения горного массива (образование трещин, разрушение), импульсное электромагнитное – генерацией электромагнитных волн при быстрых движениях носителей по берегам трещин. Оптическое излучение обусловлено электронными переходами внутри атомов решетки и примесных центров горных пород и несет информацию о напряженно-деформированном состоянии массива уже на квантовомеханическом уровне (энергия квантов, частота, интенсивность, длительность и спектр излучения).

В отличие от акустического и импульсного электромагнитного излучений, которые несут информацию уже о начавшихся процессах трещинообразования, оптическое излучение в ряде случаев возникает в напряженно-деформированном массиве за счет концентрации сильных механоэлектрических полей (пьезоэффект, электрострикция и др.), еще до начала образования трещин и поэтому является более ранним предвестником разрушения.

Исторически сложилось так, что достаточно полно изучены процессы акустического и импульсного электромагнитного излучений горных пород, изучение которых вошло в учебные издания по горным наукам, лабораторные практикумы ВУЗов горного профиля, а систематических, и тем более в теоретическом плане, работ по исследованию оптического излучения, являющегося по своей природе механолюминесценцией, не проводилось.

Поэтому разработка физических основ механолюминесценции горных пород как научного направления в исследовании напряженно-деформированного состояния горного массива и использование разработки физических основ в системах автоматизированного контроля физического состояния горного массива является актуальной работой.

УДК 622.271

В.В. ДЕМЬЯНОВ, доцент, канд. физ.-мат. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
В.В. ВЫСОЦКИЙ, старший преподаватель
(КемГУ г. Кемерово)

МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНОГО МАССИВА

При проведении горных работ нарушается естественное состояние горного массива и возникают деформации в сторону проводимых выработок. Напряженно-деформированное состояние приводит к образованию трещин, их росту и далее к разрушению приконтурной части массива, что нередко приводит к тяжелым последствиям как социального, так и экономического характера.

Предвестниками разрушения выступают акустические, электромагнитные и оптические излучения, которые имеют хотя и разную физическую природу, но являются основой для дистанционного контроля устойчивости горного массива.

Эти излучения исходят из самого напряженно-деформированного массива и поэтому непосредственно несут информацию о его состоянии.

Свечение горных пород в оптическом диапазоне колебаний представляет собой механолюминесценцию, которая происходит в сильных электрических полях, возникающих в напряженно-деформированном массиве за счет пьезоэффекта, электрострикции и других механоэлектрических процессов.

Таким образом процессы механолюминесценции могут быть описаны процессами электролюминесценции, которые, как известно, протекают при возбуждении твердых и газообразных веществ в электрическом поле. Обычно электролюминесценция обусловлена процессами возбуждения, передачи энергии возбуждения и рекомбинации на центрах свечения. Центрами свечения могут выступать как точечные дефекты (атомы примесей, вакансии и др.), так и линейные, представляющие собой дислокации и другие образования.

При ударном возбуждении вероятность ионизации ($W_{уд}$) в газоразрядном промежутке согласно Таунсенду зависит от поля (E) по формуле

$$W_{уд} \sim exp(-const/E). \qquad (1)$$

Для кристаллов вероятность ударной ионизации атомов решетки и центров свечения имеет вид

$$W_{уд} \sim exp(-const/E^{\gamma(E)}), \qquad (2)$$

где $2 > \gamma > 1$ и зависит от типа кристаллов (ионные или ковалентные), длины свободного пробега и величины поля E [1].

В кристаллах предпробойная электролюминесценция наблюдается в электрических полях порядка 10^3-10^5 В/см. Эта же величина поля и даже сравнительно больше возникает при механическом разрушении горных пород. Тогда процесс свечения горных пород можно представить как предпробойную электролюминесценцию, происходящую либо в газоразрядном промежутке между гранями трещин либо за счет ионизации и рекомбинации центров свечения, возникающих на гранях трещин при механическом разрушении горных пород.

В электрических полях, превышающих величину 10^5 В/см, возможна туннельная ионизация атомов решетки и центров свечения горных пород. Для кристаллов, например, сульфида цинка, которые можно представить как модельные объекты электролюминесценции горных пород, туннельная ионизация протекает в электрических полях порядка 10^6-10^7 В/см.

Вероятность туннельной ионизации атомов решетки и центров свечения имеет вид

$$W_{тун} \sim E\,exp(-const/E). \qquad (3)$$

Этот вид ионизации может возникнуть в достаточно тонких слоях, в которых затруднено развитие лавины, т.к. ударная ионизация происходит при значительно меньших полях, нежели туннельная. Вполне возможно, что на первых стадиях образования трещин развивается туннельный механизм ионизации, который далее при расширении трещин переходит в ударный механизм ионизации.

После акта ионизации часть появившихся электронов может прорекомбинировать с ионизованными центрами свечения, а другая – будет захвачена мелкими ловушками. Возврат этих электронов к центрам свечения и их рекомбинация будут происходить при снятии электрического поля. Такая схема процесса электролюминесценции работает в кристаллах сульфида цинка, активированных медью, алюминием, серебром и другими элементами I-III групп таблицы Менделеева [2].

Процесс передачи энергии возбуждения возможен от атомов решетки к центрам свечения, а также от центров свечения одного типа к центрам свечения другого типа по так называемой схеме рекомбинационного взаимодействия между центрами свечения. В этом случае кроме изменения интенсивности будет изменяться и спектр свечения.

Без учета процессов тушения можно предположить, что все электроны, появившиеся в процессе ионизации, рекомбинируют с центрами свечения. Тогда яркость свечения (B) будет пропорциональна скорости изменения ионизированных центров свечения (n), т.е.

$$B \sim dn/dt. \qquad (4)$$

Для ударной ионизации в твердом теле примем $\gamma = 1$, тогда

$$B \sim A\, exp(-const/E), \qquad (5)$$

где A – постоянная или слабозависящая от поля E величина.

Электрическое поле в кристаллах распределяется неравномерно. Поэтому напряженность E электрического поля в кристалле нельзя определить как для равномерного случая, т.е. $E = U / d$, где U – приложенное к кристаллу напряжение, а d – расстояние между электродами. Неравномерное распределение поля в кристалле создает области сильного и слабого полей. В области слабого поля процессы ионизации не протекают. Концентрация электрического поля происходит в области сильного поля, распределение поля в которой соответствует барьеру типа Мотта-Шоттки, максимальная напряженность в котором $E \sim \sqrt{U}$. Тогда зависимость яркости свечения от приложенного к кристаллу напряжения определяется соотношением:

$$B \sim A exp(-const / \sqrt{U}). \qquad (6)$$

Эта зависимость подтверждается экспериментально и выполняется в достаточно широких пределах изменения яркости свечения кристаллов.

Для горных пород также характерно неравномерное свечение в областях трещин, образующихся под действием вертикального напряжения (σ_y), обусловленного весом пород и глубиной выработки: $\sigma_y = \rho H$, где ρ – объемный вес горных пород, H – расстояние от земной поверхности. В этом случае яркость свечения B можно определить из соотношения B (U), если учесть, что U представляет собой разность потенциалов, возникающих в микрокристаллах горных пород под действием вертикального напряжения σ_y, т.е. $U \sim \sigma_y$. Тогда зависимость яркости свечения будет определяться соотношением

$$B \sim A\exp(-const / \sqrt{\sigma_y}). \qquad (7)$$

Таким образом, механолюминесцентный метод позволяет косвенным образом оценить напряженное состояние в массиве горных пород.

Список литературы

1. Бочков Ю.В. Электролюминесценция и некоторые электрические характеристики однородных монокристаллов сульфида цинка / Ю.В. Бочков, А.Н. Георгобиани, Г.С. Чилая // Сб. тр. ФИАН. Т. 50. – М.: Наука, 1970. С. 60-93.

2. Демьянов В.В. Зависимость квантового выхода электролюминесценции кристаллов ZnS-Cu с Sm, Eu, Pb или Tm от частоты возбуждающего напряжения / В.В. Демьянов, Е.Ю. Львова, М.В. Фок // ЖПС. Т. 45. 1986. С. 596-601.

УДК 622.271

В.В. ДЕМЬЯНОВ, доцент, канд. физ.-мат. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
М.В. МАСЛОВ, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИНОЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ГЕОМОНИТОРИНГА МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

При геофизическом контроле напряженно-деформированного состояния горного массива в условиях современного горного предприятия, имеющего высокую энергооснащенность, остро встают вопросы помехоустойчивости систем его геомониторинга.

Электромагнитная ситуация на предприятии открытых горных работ определяется совокупностью электромагнитных излучений, воздействующих наряду с сигналами полезной информации на датчики геоэлектрического контроля. Эти излучения могут быть созданы другими радиоэлектронными системами, электрическими устройствами и источниками естественного происхождения.

Электромагнитные помехи, действующие в таких условиях, разделяют на естественные и индустриальные. К естественным относятся помехи, возникающие независимо от деятельности человека, которые определяются атмосферными, космическими, геофизическими и другими излучениями.

Естественные электромагнитные помехи исследуются уже сравнительно давно. Основные сведения об атмосферных помехах сосредоточены в диапазонах сверхдлинных, длинных, коротких и ультракоротких волн. Атмосферные помехи имеют выраженный сезонный характер, так для районов Сибири от гроз в УКВ диапазоне они могут наблюдаться в течение 20-25 часов за год.

Космические электромагнитные помехи действуют в основном на частотах выше 20 МГц и представляют собой электромагнитные эффекты солнца, планет, галактик. Они носят нестационарный характер, так как интенсивность помех резко возрастает во время взрывов и возмущений на солнце.

Геофические электромагнитные помехи обусловлены процессами в земной коре и проявляются в диапазоне сверхдлинных волн.

Индустриальные электромагнитные помехи на предприятиях можно разделить на внутренние, источники которых находятся на предприятиях, и внешние – от внешних источников помех. Внешние и внутренние электромагнитные помехи можно классифицировать по динамическим свойствам.

Интенсивность помех естественного происхождения в районе карьера существенно уступает источникам индустриальных помех, однако на значительном удалении от последних уровень естественных помех может быть определяющим, особенно когда источниками помех естественного происхождения могут стать грозовые разряды, сигналы которых поступают в зону геоконтроля при распространении через массив горных пород. Близкие грозовые разряды могут индуцировать в породах электромагнитные поля широкого спектра.

Индустриальные электромагнитные помехи от работающего горнотехнического оборудования и различного электроинструмента определялись в условиях действующего производства на разрезах «Бачатский», «Краснобродский», «Моховский» Кемеровской области. В таблице 1 представлены результаты измерений напряженности поля электромагнитных помех, возникающих при работе различного оборудования в условиях действующего производства.

Таблица 1 - Результаты измерений напряженности поля электромагнитных помех в условиях действующего производства

Тип оборудования	F, МГц	$E_{пик.}$, мкВ/м	$E_{ср.}$, мкВ/м
Экскаватор ЭКГ-8И	20 30	148 116	39 18
Лебедка электрическая монтажная ЛС-5-30-450	20 30	108 97	27 22
Колесный грузоподъемный кран КС-4361	20 30	130 105	32 24
Компрессорная станция ПКС-5,25	20 30	56 48	33 25
Маслозаправщик АЦ-4,2/130	20 30	118 111	41 32
Передвижная ремонтная мастерская на базе КРАЗ-257	20 30	680 437	63 54

В таблице 2 обобщены результаты экспериментальных исследований электромагнитной ситуации на промплощадке разреза «Бачатский» в разное время года (летом и зимой).

Таблица 2 - Результаты экспериментальных исследований электромагнитной обстановки на промплощадке разреза «Бачатский» (летом и зимой)

Зима	F,кГц	3	4	5	6	8	10
	$E_{ср.}$, мкВ/м	15	10	26	12	11	8
Лето	F,кГц	3	4	5	6	8	10
	$E_{ср.}$, мкВ/м	82	34	27	21	15	12

Интенсивным подвижным источником электромагнитных помех являются автомобили. Электромагнитные помехи возникают от электрических разрядов в системе электрозажигания, в различных датчиках, электродвигателях и переключателях автомобиля. Кроме того, искровые разряды образуются и за счет электризации от трения шин о дорогу и выпускных газов в выхлопной трубе. Электромагнитные помехи от автомобилей действуют в широкой полосе частот. В таблице 3 представлены результаты измерений.

Таблица 3 - Частотная зависимость параметров поля электромагнитных помех

F, Мгц	0,4	1	2	5	10
$E_{кп.}$, дБ	42	34	40	33	27
$E_{ср.}$, дБ	33	27	20	20	19
g, дБ	5	8	10	6	4

Максимальные уровни напряженности поля электромагнитных помех, возникающих при нормальном режиме работы двигателей автомобилей, представлены в таблице 4. На частотах 0,4-10 МГц средний уровень электромагнитных помех от автомобилей составляет 20-40 дБ, а максимальные напряженности поля электромагнитных помех достигают 410 мкВ/м.

Таблица 4 - Максимальные уровни напряженности поля электромагнитных помех от автомобилей (нормальный режим работы двигателя)

F, Мгц	2	10	40	100
$E_{макс.}$, мВ	0,1	0,6	410	6

Кроме влияния неровностей земной поверхности и рельефа на распространение электромагнитных помех нельзя не учитывать электрическую неоднородность почвы на всей глубине проникновения в нее электромагнитных колебаний. При этом немаловажное значение имеет техногенный характер грунтов в зоне горного предприятия. При перемещении пункта геоконтроля вдоль большинства реальных трасс напряженность электрического поля изменяется не плавно, а скачкообразно – от участка к участку. Для промплощадки горного предприятия с зонами средней техногенной «загрязненности» грунтов эти скачки происходят вокруг некоторого значения поля, которое соответствует усредненным параметрам.

Необходимо отметить, что, несмотря на кажущуюся управляемость факторов, определяющих уровни индустриальных электромагнитных помех и условия их распространения, многочисленность этих факторов приводит к тому, что анализ и управление суммарными электромагнитными помехами возможны лишь в статистическом плане.

УДК 622.271

В.В. ДЕМЬЯНОВ, доцент, канд. физ.-мат. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
С.В. СИДЕЛЬЦЕВ, старший преподаватель
(КузГТУ, г. Кемерово)

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Контроль за состоянием борта карьера имеет существенное значение, как для обеспечения нормального технологического режима, так и предотвращения возможных обрушений со значительным экономическим и социальным ущербом.

Для этих целей более приемлемыми являются оптикоэлектронные методы дистанционного непрерывного контроля, например, с использованием передающих телевизионных камер, которые уже нашли применение при оперативном контроле различных технологических процессов.

Такие системы можно отнести к так называемым промышленным системам видеоконтроля, применение которых в автоматизированных системах контроля и прогноза устойчивости бортов карьеров требует решения нескольких технических проблем.

1. Передача и прием телевизионной информации с использованием беспроводных технологий.
2. Компьютерная обработка изображений объектов, полученных в электронном виде.
3. Автоматизированное определение степени трещиноватости откоса борта карьера.
4. Прогнозирование устойчивости борта карьера.

Первая проблема с технической точки зрения является наиболее важной и наименее разработанной, т.к. требует применение специальных подходов для передачи телевизионного изображения. Вторая и последующие проблемы тоже не менее важные, однако, для их решения уже имеется электронный вариант контролируемого объекта.

Выбор стандарта для передачи телевизионного изображения определяется типом беспроводной связи телекоммуникационной системы горного предприятия. Для этих целей может быть использован радиоканал, сотовая связь, Wi-Fi каналы.

Внедрение новых стандартов передачи информации Wi-Fi, Wi-Max и сотовой связи стандарта 3G позволило создать более скоростные телекоммуникационные системы. На рис. 1 приведена функциональная схема разработанной в КузГТУсистемы, в состав которой входят:

- видеокамеры цветного и черно-белого изображения;
- системы цифрового видеоконтроля;
- радиомодемы.

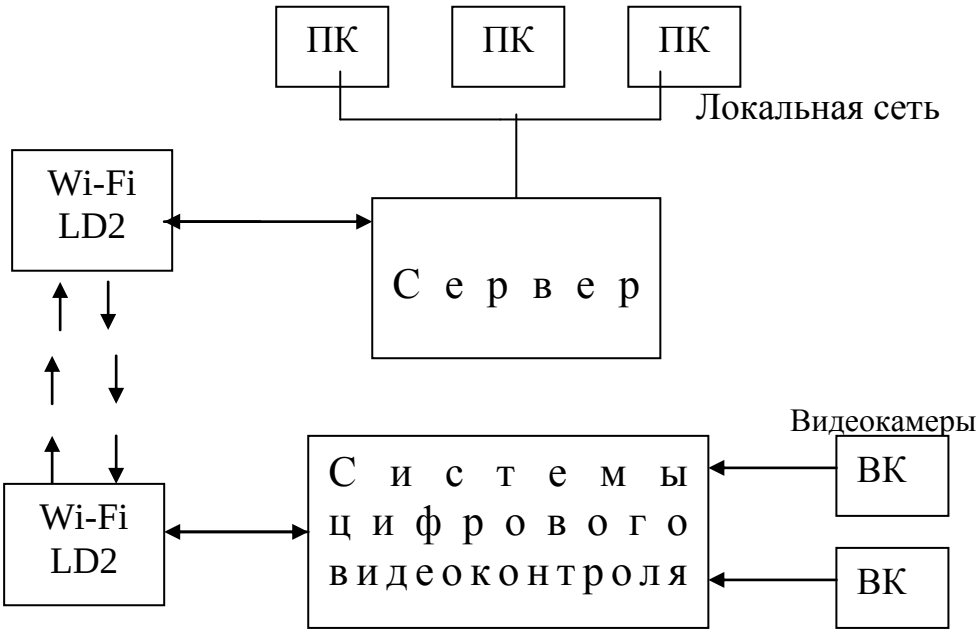


Рис.1.Функциональная схема беспроводной телекоммуникационной

системы с цифровой обработкой видеосигналов

Для получения изображения используются как проводные, так и беспроводные видеокамеры. С видеокамер на регистратор поступает аналоговый сигнал, который далее преобразуется в цифровой и передается по радиоканалу на сервер горного предприятия непосредственно или через базовую станцию-ретранслятор для дальнейшей обработки, систематизации и хранения.

Сформированный растр видеоизображения позволяет производить построчную регистрацию изменения сигнала, связанного с изменением длины, ширины трещин массива.

Кроме этого разработанная система оптико-электронного контроля позволяет производить и интегральную оценку трещинообразования, на любом заданном уровне видеосигнала, от уровня «белого» до уровня «черного».

Решение задачи распознавания степени трещиноватости массива горных пород осуществляется по представленному электронному изображению, которое отображается в памяти машины в виде точек. Каждый пиксель несет числовое значение своей яркости в диапазоне от 0 до 255 (в случае монохромных изображений). Более темным тонам соответствует более низкое значение яркости, а следовательно, меньшее числовое значение пикселя. Светлым тонам соответствует большее числовое значение из данного диапазона. Поэтому все трещины представлены (с точки зрения анализа человеком) более темными пикселями, а скальная поверхность массива - более светлыми.

На рис.2(а) представлено изображение скального массива, а на рис.2(б) результаты подсчета площадей трещин по зонам.

а) б)

Рис.2. Изображение скального массива (а), черно-белое изображение после цифровой обработки трещины (б)

Для расчета площади, занимаемой трещиной важны два условия:

1. Истинные размеры объекта, который исследуется на трещиноватость. Единица измерения –метр;
2. Размеры полученного изображения. Единица измерения – пиксель.

Истинные размеры объекта необходимо выяснить при получении изображения. Размеры полученного изображения программа вычисляет автоматически (рис. 3).

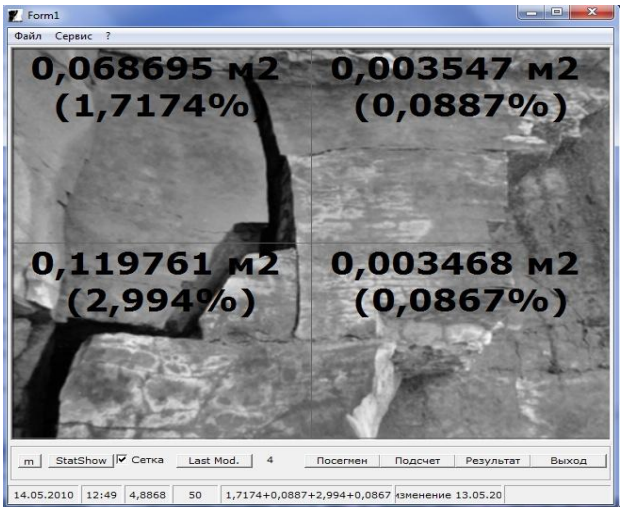


Рис. 3. Результаты расчета площадей трещин по четырем зонам

УДК622.831.32

К.Л. ДУДКО, ассистент
(КузГТУ, г. Кемерово)
А.И. ШИКАНОВ, доцент, канд. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА ДЛЯ ТАШТАГОЛЬСКОГО РУДНИКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДЗЕМНОГО ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ

В настоящее время всеобщее мировое признание получила кинетическая концепция прочности материалов академика С.Н. Журкова [1]. Преимущество данной теории состоит в том, что в ней связаны между собой время до полного разрушения материала, его температура, действующая нагрузка (напряжения) и кинетические параметры разрушения – активационный объем и энергия активации разрушения.

Благодаря этому подходу можно непосредственно прогнозировать время до разрушения, т.е. дату сейсмического события определенной энергии.

Суть кинетического подхода к прогнозу горных ударов состоит в следующем.

Процесс подготовки горных ударов и землетрясений протекает подобным образом на разных масштабных уровнях разрушения. Накопление трещин *i*-го ранга подготавливает новое более редкое событие *i+1* ранга, причем более крупное событие, согласно экспериментальных данным, по выделяющейся сейсмической энергии отличается примерно на четыре порядка от энергии события предыдущего ранга. Если считать, согласно С.Н. Журкову, что первый уровень разрушения соответствует трещинам размерами примерно 10^{-7} м (размер взрывообразно распадающихся дилатонов), то иерархию структур в массиве горных пород можно представить так, как это показано в табл. 1.

Из данной таблицы видно, что для прогноза горного удара с энергией 10^5 Дж необходимо наблюдать за накоплением событий с энергией примерно 10 Дж.

Таблица 1 - Иерархия структур в массиве горных пород

Сейсмическая энергия, выделяющаяся при образовании трещин, W (Дж)	Размер образующейся трещины или разрыва, d (м)
10^{-3}	0,04
10	0,86
10^5	18,5
10^9	398,0

Непосредственный переход разрушения на следующий масштабный уровень разрушения (т.е. собственно горный удар) лимитируется так называемый концентрационным критерием разрушения:

$$C^* - \frac{1}{3}/d = 2.72, \tag{1}$$

где C^* - предельная концентрация трещин *i* – го уровня разрушения; *d* – линейный размер трещин *i* – го ранга.

Этот критерий разрушения был проверен на разных иерархических уровнях, начиная с микротрещин и заканчивая крупными землетрясениями. Ему может быть придан другой вид:

$$h^* = 2.72d, \tag{2}$$

где h^* - критическое расстояние между трещинами, d – линейный размер трещин.

Связь энергии горного удара W (в джоулях) с размерами образующегося разрыва d (в метрах) может быть определен из эмпирической формулы К. Касахары:

$$d = 0.39W^{\frac{1}{3}}. \quad (3)$$

Эта формула позволяет решить вопрос о выборе базы электрометрических измерений. Для удобства этого выбора в табл. 2 приведены энергия горного удара и соответствующий размер образующегося очага разрушения.

Таблица 2 - Соответствие энергии горного удара и размера очага разрушения

Размер очага горного удара, d (м)	Выделяющаяся сейсмическая энергия, W (Дж)
18,4	10^5
39,8	10^6
85,3	10^7
183,6	10^8
397,8	10^9

Удельное электрическое сопротивление горной породы с дискообразными трещинами может быть вычислено по формуле:

$$\rho = 2\rho_2\,(3 + \alpha \times 10^4)/(6 + \alpha \times 10^4), \quad (4)$$

где $\alpha = \delta / h$; δ – раскрытие трещин; h – расстояние между трещинами.

Как показывают статистические исследования размеров трещин и их раскрытия, это отношение не является произвольным, а имеет среднестатистическое значение $3{,}6\times10^{-4}$, поэтому критическое значение h^*, которое равно 2,72 d, позволяет найти критическое число α^* непосредственно перед горным ударом (оно равно $1{,}32\times10^{-4}$).

Таким образом, предельное (критическое) значение удельного электросопротивления участка массива, где готовится горный удар независимо от энергии будущего горного удара, примерно равно:

$$\rho^* = 1.18\rho_2, \quad (5)$$

где ρ_2 – удельное электросопротивление исходного ненарушенного массива.

Следовательно, вероятность горного удара на каждом этапе подготовки удара может быть определена следующим образом:

$$P = [(\rho/\rho_{\text{исх}}) - 1]\,100/18, \qquad (6)$$

где ρ – удельное электросопротивление участка массива на промежуточном этапе подготовки горного удара; $\rho_{исх}$ – исходное удельное электросопротивление участка массива в ненарушенном состоянии.

При приближении вероятности P к единице горный удар прогнозируемой силы произойдет в очень короткий промежуток времени (в пределах нескольких минут).

Обобщая вышесказанное, можно утверждать, что электрометрический прогноз горного удара заданной сейсмической энергии состоит в выборе базы четырехэлектродной измерительной установки *AB* таким образом, чтобы она превышала размер зоны будущего разрушения в соответствии с табл. 2. Например, для прогноза горного удара с энергией 10^5 Дж база *AB* электрометрической установки должна превышать 36 метров. Установленные при первичных измерениях электроды должны при последующих измерениях устанавливаться в тех же точках, что и при первичных измерениях. В дальнейшем необходимо вести мониторинг процесса накопления трещин на этом участке и оценку вероятности горного удара данной силы.

Список литературы

1. Журков С. Н. Дилатонный механизм прочности твердых тел // ФТТ. – 1983. – Т. 25. – Вып. 10. – С. 3119 – 3123.

УДК 622.83

И.С. ЁЛКИН, канд. техн. наук, доцент
(КузГТУ, г. Кемерово)
Н.Н. КАЗЫЦЫН, начальник уч. РПР
(ш. «Березовская»)
Е.А. ЧЕРЕПАНОВА, студ. ИХНТ
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРАЕВОЙ ЧАСТИ УГОЛЬНОГО МАССИВА

В целях интенсификации противовыбросных мероприятий применяются ПАВ (поверхностно-активные вещества) в виде растворов малой концентрации путем увлажнения краевой части угольного массива из подготовительной выработки [1].

Исследования показывают, что, с одной стороны, при малых концентрациях в растворе ПАВ может существенно оказывать влияние на скорость увлажнения. Результаты проведенных натурных исследований произведенные на ш. «Березовская» показывают об увеличении скорости фильтрации в 2 – 2,7 раза. При этом увеличивается полнота насыщения порового пространства, влажность угольного массива на 75 – 83 %, и снижается неоднородность распределения влажности в массиве на 45 – 62%.

С другой стороны, ПАВ оказывает влияние на изменение механических свойств угля. Сущность положительных эффектов при взаимодействии ПАВ с углем заключается в протекание эффекта Ребиндера, который заключается в адсорбционном понижении поверхностной энергии на границе раздела «жидкость - твердое тело». В связи с этим, происходит изменение механических свойств угля. При значительных концентрациях ПАВ и при длительном времени воздействия их на уголь модуль упругости может изменяться в большей степени, тогда процесс деформирования приобретает пластический характер, что существенно изменяет механические свойства угольного массива в целом и оказывает существенное влияние на его динамическую активность [2].

В КузГТУ было проведено ряд исследований направленных на изучение влияния растворов различных ПАВ на изменение механических свойств углей (модуль упругости, угол внутреннего трения, модуль сдвига), установление зависимости упругих свойств углей от времени смачивания образца, его влажности и концентрации активной среды. Исследования проводились на испытательной машине марки МИ-40У, подключенной к компьютеру. С помощью программы все перемещения

автоматически записывались, строились графики зависимости усилия при сжатии от перемещения. На основании результатов измерений определялись упругие характеристики образцов и их изменение.

В лабораторных условиях были проведены исследования для различных растворов ПАВ (жидкое мыло, «Неолас», Лауретсульфат натрия), HCl, H_2SO_4) различных концентраций в диапазоне от 0,01% до 3% и различного содержания влажности в интервале от 0% до максимальной влажности 6% для углей марок К, КО, Д.

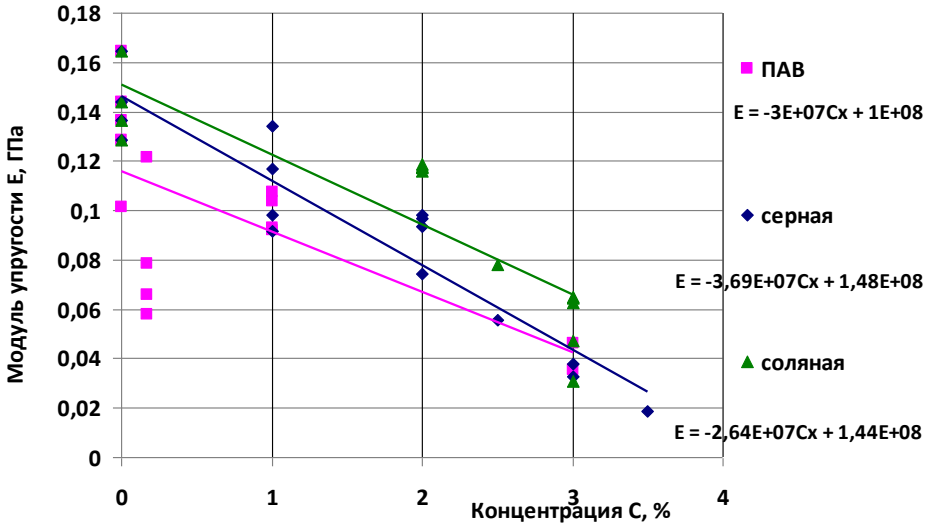


Рис. 1. Зависимость модуля упругости от концентрации

В результате проведенных исследований была разработана методика, позволяющая определять оптимальное ПАВ и его концентрацию для направленного изменения свойств угля. По разработанной методике были получены зависимости модуля упругости, модуля сдвига и др. от концентрации ПАВ (рис. 1), времени взаимодействия ПАВ с углем (рис. 2), влажности. Из графиков следует, что особенно существенно уменьшается модуль упругости углей при использовании ПАВ (жидкое мыло, «Неолас»), что говорит о большей эффективности при его использовании при увлажнении угольного массива и экономической целесообразности его применения.

Проведенные исследования в лабораторных условиях показывают об изменении модуля упругости на 60–80% при увеличении концентрации ПАВ («Неолас», жидкое мыло) 0,01 до 3 % в массовой концентрации. Аналогичные изменения наблюдались для модуля сдвига угля и угла внутреннего трения при увлажнении растворами ПАВ.

Учитывая влияние ПАВ на механические свойства угля нами был произведенный расчет нормальных напряжений в краевой части угольного массива (рис. 3) впереди очистной выработки после увлажнения раствором ПАВ, согласно методике разработанной в [3]. Результаты расчетов показывает об уменьшении максимума нормальных напряжений на 25% и увеличении зоны опорного давления на 12 – 18 %. При этом максимум опорного давления смещается в глубь массива на 3 – 5 м, что в

совокупности существенно снижает вероятность проявления динамической активности.

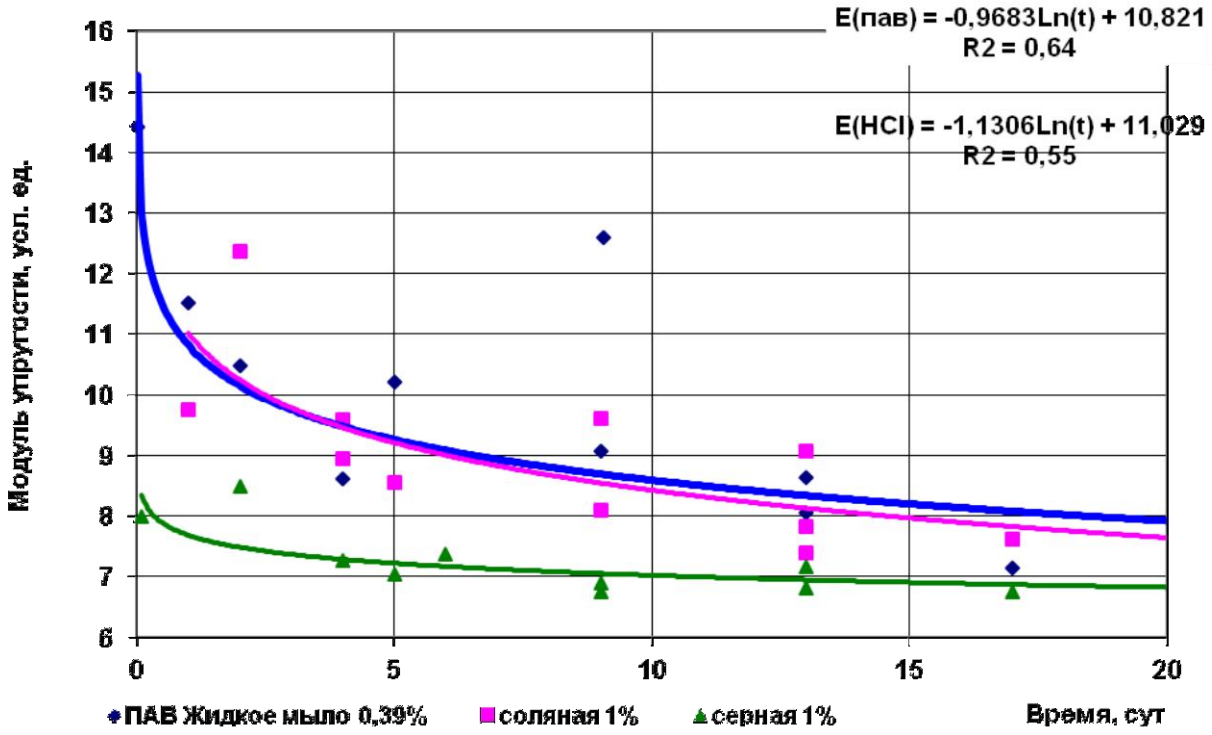


Рис. 2. Изменение модуля упругости с течением времени

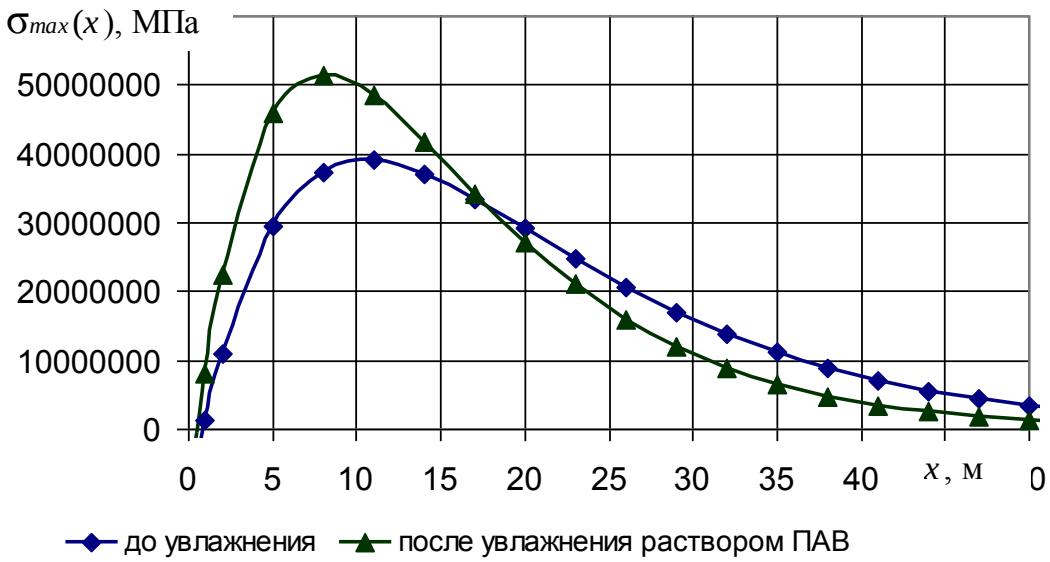


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений на почву пласта впереди очистной выработки для H =425 м

Выводы

1. При увеличении влажности угля от 0 до 3% модуль упругости, модуль сдвига уменьшается на 25 – 37%.
2. При увеличении концентрации ПАВ от 0,01%, до 3% модуль упругости уменьшается на 60 – 80%
3. При увлажнении угля раствором ПАВ с течением времени модуль упругости уменьшается на 22 % за первые сутки и достигает минимального значения через 10 – 15 сут.
4. При применение ПАВ («Неолас») с оптимальной концентрацией 0,125% позволяет снизить величину максимальных напряжений в краевой части массива на 25 % и перенести зону опорного давления в глубь массива на 3 – 5 м, при этом протяженность зоны опорного давлении увеличивается на 35 – 35%, что существенно уменьшает вероятность проявления газодинамической активности в краевой части угольного массива.

Список литературы

1. Иванов Б. М., Фейт Г. Н., Яновская М. Ф. Механические и физико-химические свойства углей выбросоопасных пластов. – М.: Наука, 1979. – 194 с.
2. Васючков Ю. Ф. Физико-химические способы дегазации угольных пластов. – М.: Недра,1986. – 254 с.
3. Плотников Е. А., Дырдин В. В. и др. Предотвращение динамических и газодинамических явлений при подземной разработке угольных пластов. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2010. – 165 с.

УДК [551.4+528.481+625.7]: 911.6

В.В. ИВАНОВ, профессор, д.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
Д.С. ПАШИН, инженер
(ОАО «Евразруда»)

СВЯЗЬ ЧАСТОТЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ОБЩЕЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ В КУЗБАССЕ

Активные геодинамические естественные процессы в Кузбассе в комплексе с провоцирующим влиянием техногенной деятельности способствуют общему росту сейсмичности территории [1,2].

К 2008 году на территории Кузбасса зафиксировано 1217 естественных землетрясений. Как правило, они приурочены к зонам динамически активных разломов. К техногенным или наведенным

сейсмическим явлениям следует относить горные удары на шахтах и рудниках, внезапные выбросы угля и газа, горно-тектонические удары, техногенные землетрясения.

По своей разрушительной силе горные удары могут иметь катастрофические последствия, так как в результате их выводится из строя горная техника, разрушаются горные выработки и гибнут люди.

По состоянию на 1.01.2008 при отработке угольных и рудных месторождений Кузбасса зарегистрировано около двух тысяч горных ударов и внезапных выбросов с сейсмическим эффектом на уровне естественных землетрясений.

Сведения о динамических явлениях представлены в таблице 1. Как видно из данной таблицы, примерно с 1976 года количество динамических явлений непрерывно растет, причем рост числа динамических явлений сопровождается ростом энергетического класса этих событий. На рисунке 1 представлена корреляционная связь числа горных ударов на шахтах и рудниках с числом землетрясений. Коэффициент корреляции данной линейной связи r = 0,91. Связь довольно тесная, что свидетельствует о росте общей тектонической активности в регионе, которая усугубляется ведением горных работ на шахтах и разрезах Кузбасса.

В Кузбассе значительный рост числа землетрясений отмечается с 1976 года. С этого периода идет наращивание объемов добычи угля подземным и открытым способом и происходит значительный рост числа горных ударов на шахтах и рудниках. Для иллюстрации на рис. 2 представлена диаграмма количества землетрясений и динамических проявлений горного давления в Кузбассе в период с 1943-2008 годы. Значительно изменился и характер динамических явлений в сторону их катастрофичности. Так проявление горных ударов в Кемеровской области стало приобретать характер горно-тектонических ударов, проявляющихся на значительной площади и захватывающих большие участки массива по глубине, очаги землетрясений приблизились к границам шахтных полей и рабочих поселков (Осинники, Полысаево, Киселевск, Междуреченск).

Кроме того, начиная с 2005 года и по настоящее время, в районе действующих шахт г. Полысаево на небольшой глубине (до 1 км), происходят техногенные землетрясения.

Таким образом, приведенные выше статистические данные свидетельствуют о высоком напряженном состоянии земной коры в Кузбассе, что, в свою очередь, предполагает принятие серьезных мер по обеспечению сейсмической безопасности при ведении горных работ на шахтах и рудниках.

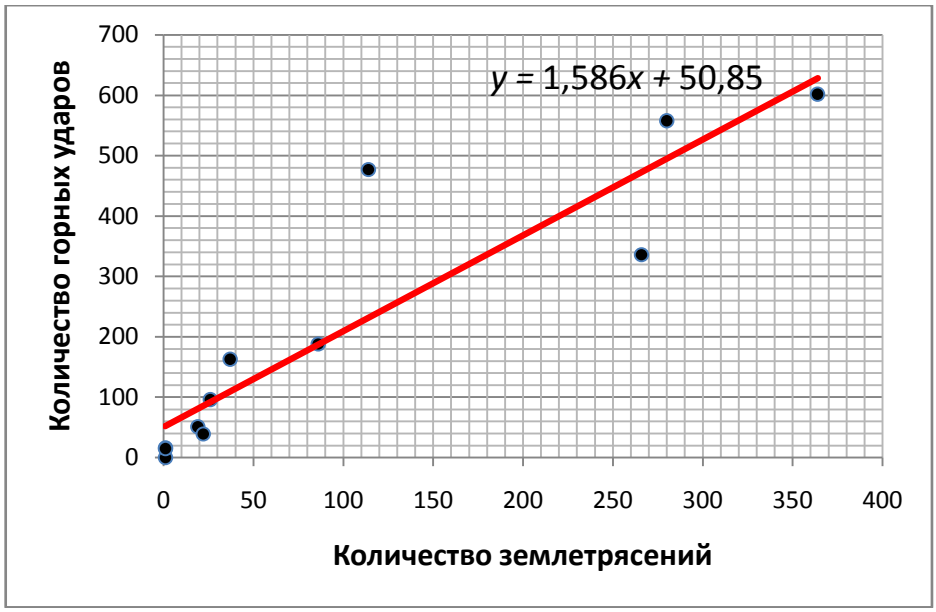


Рис.1 - Связь числа горных ударов в разные периоды с количеством произошедших землетрясений

Таблица 1 - Статистика динамических явлений в Кузбассе

Период времени	Количество явлений					
	На угольных шахтах			На рудных шахтах		Класс землетрясений К=7-15
	Горных ударов К=0,5-5	Внезапных выбросов К=3-9	Горно-тектонических ударов К=5-10	Горных ударов К=3-10	Горно-тектонических ударов К=5-12	
1943	0			0		1
1951-55	16			0		1
1956-60	14			1		1
1961-65	28			23		19
1966-70	11			28		22
1971-75	10			86		26
1976-80	21			142		37
1981-85	32		2	154		86
1986-90	11	3		465	2	114
1991-95	0		1	365		266
1996-00	57		1	500	2	280
2001-08	20			582		364
Всего	**220**	**3**	**4**	**2346**	**4**	**1217**

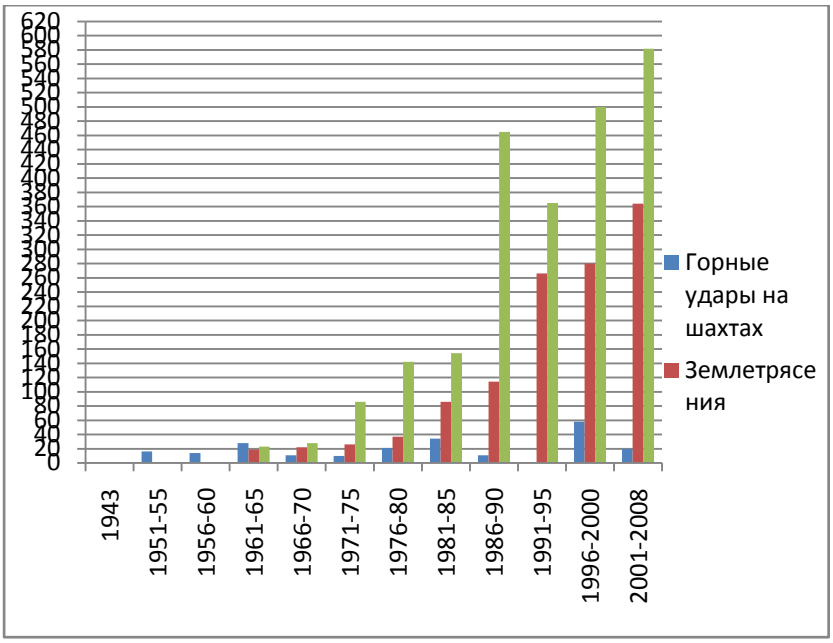


Рис. 2 - Диаграмма связи количества горных ударов на шахтах и рудниках с количеством землетрясений в период с 1943-2008 годы

Список литературы

1. Чернов, Г.А.Новейшая структура Алтае-Саянской области и ее связь с сейсмичностью// Сейсмичность Алтае-Саянской области. Новосибирск. 1975. С.57-73.

2. Лаврентьев А.И. О некоторых структурах и землетрясениях района Новокузнецка // Геология и геофизика № 9 (отдельный оттиск). Новосибирск, Наука, 1971

УДК 622.235.535.2

В.Ю. КАЙДАЛОВ, ассистент кафедры строительных конструкций аспирант теоретической и геотехнической механики
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Проведение взрывов - быстрой генерации большого количества энергии в малом объеме, является наиболее эффективным способом, как разработки материалов, так и планировки площадок предполагаемого строительства.

Однако, если сам промышленный взрыв является нормальным технологическим процессом, то одно из его проявлений - сотрясение

грунта, может рассматриваться как чрезвычайная ситуация, при которой нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В результате сотрясения грунта при промышленных взрывах повреждаются несущие конструкции производственных и жилых зданий, возникают опасения за сохранность экологически опасных сооружений (таких как - очистные сооружений).

Все вышесказанное делает проблему оценки безопасности строительных сооружений, расположенных в зонах сейсмического действия промышленных взрывов, чрезвычайной.

В зависимости от того где был произведен взрыв, выделяют следующие среды: воздушная, водная, грунтовая среда, границы их соприкосновения.

Различные инженерные сооружения и системы, попадая в соответствующее динамическое поле, вводятся в колебательный режим, параметры которого, с учетом внешнего воздействия, определяют вероятность и степень повреждений сооружения.

Во всех случаях среда, в которой производится взрыв, является субстанцией передающей энергию от источника к исследуемому сооружению (охраняемому), динамика которого в значительной степени определяется характером контакта с энергопроводящей средой.

Наземные строительные сооружения, погружены в две субстанции (грунтовую и воздушную), резко отличающиеся друг от друга по физико-механическим свойствам, поэтому при действии только упругих волн деформаций в грунте они испытывают особый вид возбуждения колебаний - кинематический: от принудительного перемещения в пространстве системы крепления охраняемого строительного сооружения к энергонесущей среде.

Грунтовой среде присуща существенная, предопределенная ее природой, анизотропность (неоднородная слоистость, разломы различной ориентации, дискретная водонасыщенность, различные углы падения слоев, неоднородность рельефа и т.п.). Это приводит к тому, что при прохождении через нее силовые потоки трансформируются в результате интерференционных, дифракционных процессов и фильтрации энергонесущего сигнала, описать которые можно только вероятностно-статистическими методами.

Точно так же рациональна вероятностная оценка и поведения строительных сооружений, находящихся в опасных зонах стохастических динамических полей.

Вероятностный характер параметров взрывных работ, физико-механических свойств грунта и характеристик самих охраняемых

строительных сооружений приводит к тому, что, несмотря на наличие «Единых правил безопасности при проведении взрывных работ» (ПБ 13-407-01), между взрывопроводящими организациями и владельцами строительных сооружений возникают затяжные конфликты по определению виновных в возникших повреждениях и допустимого уровня проведения.

Сейсмическое воздействие крупных промышленных взрывов является наиболее значимым эффектом массовых взрывов, который определяет целостность промышленных и жилых объектов. В качестве основного критерия сейсмической опасности принято считать скорость колебаний частиц грунта. Скорость колебаний частиц грунта в основании сооружения, соотношение вынужденных и собственных частот колебаний сооружений и продолжительность (повторяемость) воздействия, в основном, и определяют степень разрушающего действия взрывов для зданий и сооружений. Разрушение сооружений наступает лишь в тех случаях, когда скорость колебания превосходит некоторую допустимую величину скорости колебаний, характерную для сооружений данного типа. Допустимые скорости в основании зданий и сооружений определяются их конструктивными особенностями, состоянием и динамическими характеристиками. Согласно общепринятой классификации зданий и сооружений для установления допустимых скоростей колебаний все охраняемые объекты делятся по степени ответственности на четыре класса [1].

Научные основы сейсмики промышленных взрывов разработаны в 30-40-х годах акад. М. А. Садовским. Для определения сейсмического воздействия взрывов на инженерные сооружения им была установлена количественная связь интенсивности сотрясений массива горных пород с параметрами взрыва и расстояниями от места взрыва до охраняемого объекта.

В дальнейшем проводились многочисленные исследования сейсмического действия промышленных взрывов, однако, результаты этих работ лишь подтвердили основную зависимость скорости колебаний от массы зарядов и расстояния до них, предложенную М. А. Садовским.

$$u = K_u \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right)^n = K_u R_э^{-n} \qquad (1)$$

где $R_э$; - эквивалентное приведенное расстояние, (м/кг)$^{1/3}$; n - показатель затухания колебаний с расстоянием, равный 2 в диапазоне приведенных расстояний до 12 (м/кг)$^{1/3}$ и 1,5 на расстояниях, превосходящих 12 (м/кг)$^{1/3}$; K_u - коэффициент, равный

$$\frac{6{,}5}{\sqrt[3]{0{,}4+0{,}6n_в^3}} \text{ и } \frac{2}{\sqrt[3]{0{,}4+0{,}6n_в^3}},$$

соответственно в указанных выше диапазонах; $n_в$ - показатель действия взрыва или выброса, равный отношению радиуса воронки выброса к глубине заложения заряда.

Отмечена связь коэффициента пропорциональности со свойствами пород: с объемной массой пород - Г. И. Покровским, Е. И. Шемякиным, С. С. Григоряном, Ф. Ф. Аптикаевым и другими; с акустической жесткостью пород - С. В. Медведевым. Общий недостаток предложенных формул состоит в том, что они содержат численные, размерные коэффициенты пропорциональности.

Многочисленные замеры скорости колебаний от взрывов на карьерах Урала и Сибири, на строительных площадках и карьерах стройматериалов, а также сведения из литературы о колебаниях от промышленных и экспериментальных взрывов в разных средах (в рыхлом песке, граните, водонасыщенном песке, доломитах, песчанике, диабазе, альбитофирах, пластилине, лёссе, моренных суглинках, соли, глинах, известняках, мраморизированных известняках, оргстекле, на пластинах алюминиевых сплавов) позволили установить зависимость коэффициента пропорциональности в формуле М. А. Садовского от свойств породы:

$$K_u = K^{2/3} / \rho C_p \qquad (2)$$

при монотонно изменяющемся показателе эффективного затухания по зависимости:

$$n = 2{,}21 R_э^{-0{,}05},$$

где K - модуль всестороннего сжатия, $1 \cdot 10^{-1}$ МПа; ρ - плотность породы, кг/см^3; C_p - скорость продольной волны, м/с.

Значения модуля объемного сжатия (2) можно выразить через любые другие константы среды, тогда

$$K_u = \sqrt[3]{\frac{C_p}{p}\left(1 - \frac{4}{3} C_s^2 / C_p^2\right)^2} = \sqrt[3]{\frac{C_p}{9p}\left(\frac{1+\mu}{1-\mu}\right)} \approx 1{,}36 \mu^{1/3} \sqrt[3]{\frac{C_p}{p}}\ , \qquad (3)$$

где μ - коэффициент Пуассона.

С учетом свойств грунтов в пункте регистрации или в зоне охраняемого объекта формула (1) примет вид:

$$u = \sqrt[3]{\frac{C_p}{p}\left(1 - \frac{4}{3} C_s^2 / C_p^2\right)^2} \sqrt{\frac{pC_p}{(pC_p)_н}} R_э^{-2{,}21 R^{-0{,}05}}, \qquad (4)$$

где индекс «*н*» относится к акустической жесткости грунтов в зоне охраняемого объекта.

Зависимость (3) позволяет прогнозировать скорость колебаний в любых условиях, однако она довольно сложна для инженерной практики, а показатель эффективного затухания, непрерывно изменяющийся, также затрудняет расчеты.

Анализ зависимости позволил классифицировать все взрываемые породы по их сейсмической активности на пять групп. В этом случае расчетные и фактические скорости колебаний могут иметь отклонения не более ±15%, что даже в современных условиях при возрастании требований к расчету сейсмобезопасных расстояний вполне приемлемо. Показатель эффективного затухания скорости колебаний *n* для упрощения можно принимать постоянным в конкретных диапазонах $R_э$. Тогда зависимость (4) можно представить в виде:

$$u=aK_cK_{гр}R_э^{-n} \quad (5)$$

где *a* - поправочный коэффициент, зависящий от $R_э$; K_c - коэффициент сейсмической активности пород; $K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий свойства грунтов, в случае размещения охраняемого объекта на грунтах, отличающихся по свойствам от взрываемых пород. Значения коэффициента K_c приведены в табл. 1.

Значение коэффициента $K_{гр}$ вычисляется по формуле:

$$K_{гр}=(K_c/K_{c.н})^{3/2}K_в \quad (6)$$

(где индекс «*н*» относится к грунтам в зоне охраняемого объекта, а $K_в$ - поправочный коэффициент, учитывающий уровень грунтовых вод в зоне охраняемого объекта ($K_в$ = 3 при весьма обводненных грунтах; $K_в$ = 1,2 в массивах скальных пород с фильтрующими водами; при уровне грунтовых вод от 5 до 15 м и свыше 15 м $K_в$ соответственно равен 2, 1.3 и 1).

Таблица 1 - Значение коэффициента сейсмической активности пород K_c.

Категории пород по сейсмичности	Сейсмическая активность пород	Коэффициент сейсмичности Кс	Скорость звука в образце, $1*10^3$м/с	
			Изверженных пород	Осадочных пород угольных и сланцевых месторождений
I	Очень слабая	3,8	Менее 2,0	Менее 1,8
II	Слабая	5	2,0-3,8	1,8-2,3
III	Средняя	6,5	3,8-5,5	2,3-3,3
IV	Высокая	8	Более 5,5	3,3-4,0
V	Очень высокая	10	5,5	Более 4,0

Анализ изменения скорости с удалением от взрываемых зарядов и характера деформирования пород позволил выделить четыре зоны так, что на границах зон погрешность в определении скорости колебаний не превосходит ± 3-8 %. [2,3]

Разработанные формулы (5) и (6) с достаточной для практических расчетов точностью позволяют прогнозировать в любом диапазоне $R_э$ сейсмическую опасность взрывов, не прибегая к сложным расчетам при любых типах взрываемых пород и грунтов в зоне охраняемых объектов.

Можно также решать обратную задачу, т. е. по предельно допустимой скорости колебаний вычислять безопасные массы зарядов или расстояния.

Список литературы

1. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. – М.: Недра, 1976. – 271 с.
2. Мосинец, В.Н. Сейсмика промышленных взрывов / В.Ф. Богацкий – М: Недра, 1983. – 256 с.
3. Медведев, С.В. Сейсмические воздействия на здания и сооружения – М.: Стройиздат, 1968. – 190 с.
4. Егупов, В.К. Практические методы расчёта зданий на сейсмостойкость / К.В. Егупов, Э.П. Лукаш – Киев: Будивельник, 1982. – 144 с.
5. Мартемьянов, А.И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах – М: Стройиздат. 1985. – 255 с.

УДК 622.257.1

В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН, профессор, д-р технических наук
(КузГТУ г. Кемерово)
Д.Е. КЕМЕРОВ, студент гр. ФП-071
(КузГТУ г. Кемерово)
И.С. БУХМИЛЛЕР, студент гр. ФП-071
(КузГТУ г. Кемерово)

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

В связи с увеличением глубин ведения горных работ, отработкой легкодоступных месторождений полезных ископаемых возрастает протяженность капитальных горных выработок, проводимых в сложных гидрогеологических и горно-геологических условиях. Наличие водопритоков при проходке вертикальных стволов приводит к увеличению сроков строительства шахт и его удорожанию.

Одним из эффективных способов водоподавления и повышения устойчивости породного массива является его цементация. Наличие вокруг стволов и горизонтальных выработок водонепроницаемой и прочной цементационной завесы обеспечивает высокие технико-экономические

показатели их строительства и последующей эксплуатации. Кроме улучшения условий проходки и сокращения её продолжительности наличие противофильтрационной завесы вокруг ствола исключает дренирование подземных вод и обеспечивает тем самым сохранение запасов водных ресурсов. Уменьшается также загрязнение окружающей среды за счёт уменьшения сброса шахтных вод в открытые водоёмы.

Выбор способа и схемы нагнетания определяется физическими особенностями тампонажа растворами на основе цемента. Принципиальными физическими особенностями цементации являются отфильтровывание жидкой фазы раствора и седиментация цементных частиц [1]. При применении стабильных глиняноцементных растворов проблемы учета седиментации и управления процессом осадкообразования в трещинах исчезают.

Для удобства транспортировки в раствор вводят гораздо большее количество воды, чем это нужно для гидратации цемента. Уменьшение концентрации раствора приводит к повышению седиментационной неустойчивости и необходимости рассмотрения раствора как суспензии.

Нестабильные (седиментирующие) цементные растворы представляют собой разновидность гетерогенных жидкостей и образованны цементными частицами в жидкой среде. Наличие твердой фазы в жидкости видоизменяют ее вязкость. При этом происходит не только количественное изменение вязкости, но и изменяется закон, характеризующий ее.

Жидкости, закон внутреннего трения которых отличен от закона внутреннего трения Ньютона для однородных жидкостей, принято называть аномальными. Последние характеризуются реологическими характеристиками, такими как предельное напряжение сдвига τ_0, коэффициент динамической вязкости μ, входящий в формулу для определения радиуса цементации от скважины [1].

$$R = R_{\text{ск}} + \frac{k_0 \Delta P}{\mu v_{\text{кр}} m}, \tag{1}$$

где R – радиус цементации от скважины, м; $R_{\text{ск}}$ – радиус цементационной скважины, м; k_0 – коэффициент проницаемости массива, м^2; ΔP – перепад давления, Па; μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с; $v_{\text{кр}}$ – критическая скорость движения цементного раствора, м/с; m – коэффициент трещиноватости массива.

Реологические характеристики раствора (τ_0, μ) определяются на ротационных вискозиметрах, например, таком как BROOKFIELD DV-II+ Pro, принцип действия которого основан на вращении специального измерительного шпинделя, погружаемого в тестируемую жидкость,

посредством специальной калиброванной спиральной пружины. Вязкое трение жидкости о шпиндель определяется по углу закручивания приводной пружины который измеряется датчиком угла вращения.

Для определения предельного напряжения сдвига и коэффициента динамической вязкости в КузГТУ выполнены экспериментальные исследования реологических свойств цементных растворов.

Методика проведения эксперимента заключалась в приготовлении цементного раствора в определенном соотношении Ц:В. Далее на вискозиметр устанавливается шпиндель и вводятся параметры соответствующие данному шпинделю. Емкость с раствором устанавливается на прибор, погружая шпиндель в измеряемую среду. Запускается двигатель вращающий шпиндель, и на экране выводится значения параметров. Для наблюдения за динамикой происходящих процессов в исследуемой среде используется передача данных с прибора на ЭВМ и при помощи программы DVLOADER данные преобразуются в удобный для обработки вид. Испытаниям были подвергнуты растворы концентраций Ц:В, от 1:0,5 до 1:10. Результаты эксперимента показали, что на численные значения реологических характеристик оказывает влияние не только концентрация раствора и добавки, но и время с момента его затворения.

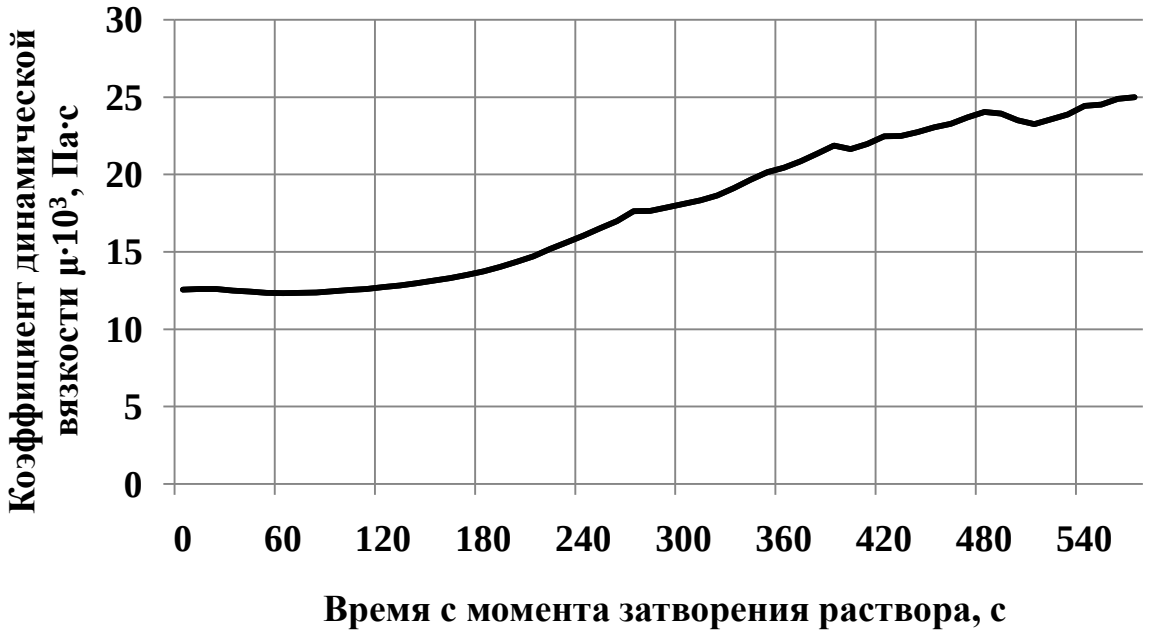


Рис. Динамика изменения вязкости цементного раствора (Ц: В=1:2) во времени с момента его затворения

При изменении концентрации раствора от 1:0,5 до 1:10, со временем от начала затворения 1 минута τ_0 изменялось в пределах от 0 до 4 Н/м, а μ в пределах от 0 до 5 Па·с.

В качестве примера наиболее характерный график зависимости коэффициента динамической вязкости μ от времени начала затворения раствора представлен на рисунке.

Анализ результатов исследований показал, что вид получаемой кривой вязкости зависит как от водоцементного соотношения, так и от различных добавок входящих в раствор для ускорения, замедления процессов твердения цементного камня, а также добавок применяемых для решения других необходимых задач. Полученные результаты могут быть использованы при расчёте параметров технологии цементации.

Список литературы

1. Хямяляйнен В. А. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок / В. А. Хямяляйнен, Ю. В. Бурков, П. С. Сыркин. – М.: Недра, 1994. – 400 с.

УДК 622:51.001.57

В.В. ДЫРДИН, профессор, д-р техн. Наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Т.Л. КИМ, ассистент каф. физики
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА СКОРОСТЬ ДИССОЦИАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ДАВЛЕНИИ ИХ РАЗЛОЖЕНИЯ

Газовые гидраты – это соединения-включения, в которых молекулы газа заполняют структурные пустоты кристаллической решетки, образованной молекулами воды. В природе газовые гидраты могут образовываться в газовых и нефтяных месторождениях, в донных осадках морей и океанов, а так же при определенных термодинамических условиях в угольных пластах. Формирование выбросоопасных ситуаций в угольных пластах связано, в том числе с диссоциацией газовых гидратов метана, точнее со скоростью диссоциации газовых гидратов. Форма газовых гидратов и их размеры свидетельствуют о том, что при резком снижений давления в слое пласта, находящемся впереди забоя выработки на расстоянии примерно от 2 до 5 м вся масса газового гидрата начинает

диссоциировать одновременно, что и способствует резкому всплеску давления газа в данной зоне. Оценки различных ученых по объему газа в гидратном состоянии расходятся на порядки, поэтому смоделировать и дать качественное описание процесса разложения газогидратов в угольных пластах, позволит предсказать поведение физических систем с учетом основных физико-химических законов.

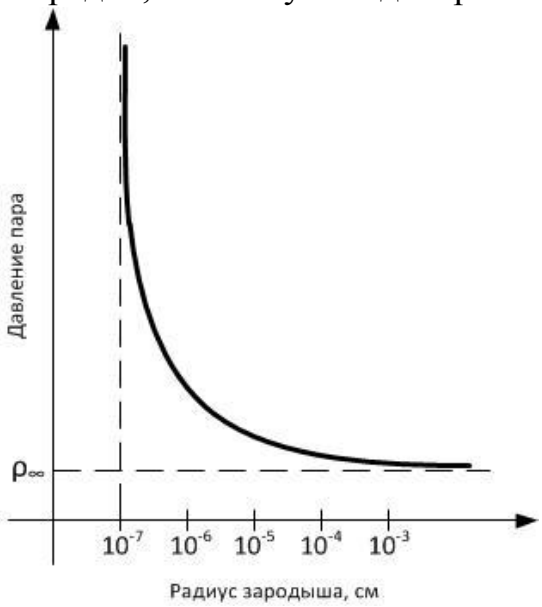


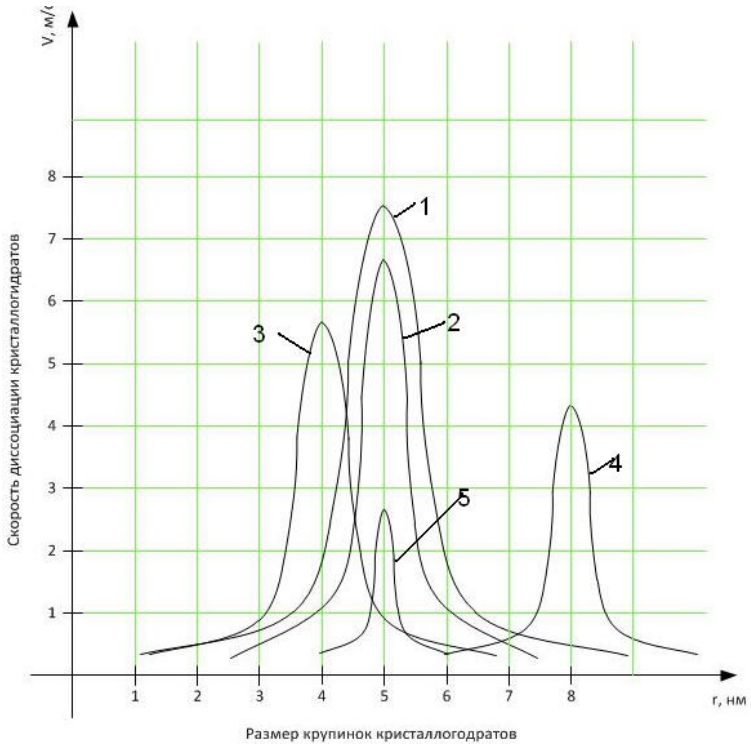
Рис.1. Зависимость давления разложения от размера частиц

В угольных пластах вследствие низкой природной влажности, не превышающей 1,5%, газогидраты находятся в виде россыпи крупинок, следовательно, в первом приближении, их форму можно считать шарообразной. Если рассматривать классическое уравнение Гиббса-Томсона (1) для описания влияния размера частиц гидрата на его температуру и давление разложения, видим, что с увеличением радиуса частицы, давление разложения стремится в состояние насыщения (рис.1), при котором внезапный выброс не может быть сформирован, а при размерах частиц порядка нанометра, давление разложения кристаллогидрата находится в опасной зоне формирования выброса, что и будет показано ниже в нашей работе.

$$\frac{p_r}{p_\infty} = e^{\frac{2\sigma M}{RTr\rho}} \text{ или } \ln\frac{p_r}{p_\infty} = \frac{2\sigma M}{RTr\rho}, \qquad (1),$$

p_r - давление разложения маленького кристаллика радиусом r; p_∞ - давление насыщения, которое устанавливается над поверхностью макроскопического кристалла при температуре T; M-молекулярный вес; ρ - плотность; σ - поверхностная энергия на границе кристалл-газ.

Рассмотрим влияние размеров твердых растворов природного газа по типу газогидратов на скорость диссоциации при различных давлениях их разложения на примере математической модели, представленной ранее в работе [2]. С помощью пакета MATCAD при таких же термодинамических условиях построим график зависимости, меняя давление разложения газогидрата $P_р$ = (2.0-6.0)МПа, для одного итого же угольного пласта:



$1 - p_p = 2\text{МПа};$

$2 - p_p = 3\text{МПа};$

$3 - p_p = 4\text{МПа};$

$4 - p_p = 5\text{МПа};$

$5 - p_p = 6\text{МПа}.$

Рис.2.
Зависимость скорости диссоциации твердых растворов природного газа от размера частиц кристаллогидратов при различном давлении разложения

Соответственно, можно сделать вывод, что наиболее эффективный размер частиц кристаллогидратов, при котором скорость диссоциации будет максимальна, лежит в диапазоне от 4 до 8 нм для данных термодинамических условий исследуемого угольного пласта.

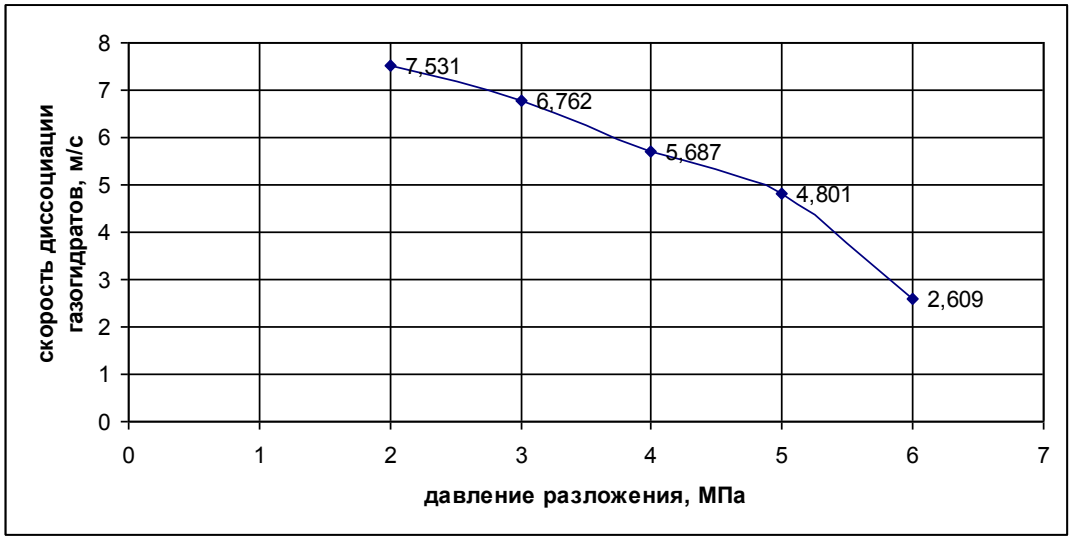


Рис.3. Зависимость скорости диссоциации от давления разложения газогидратов

Построив зависимость скорости диссоциации кристаллогидратов от давления их разложения (рис.3), видим, что чем меньше давление разложения кристаллогидратов, тем больше скорость диссоциации, и наоборот, это объясняется физико-химической структурой твердых растворов природного газа и их формой.

Список литературы

1. Манаков А.Ю., Дядин Ю.А. Газовые гидраты при высоких давлениях/ А.Ю. Манаков, Ю.А. Дядин//ЖРХ «им. Д.И. Менделеева», 2003.-С.28-42.

2. Ким Т.Л., Дырдин В.В. Математическое моделирование загазирования выработок при диссоциации кристаллогидратов в угольных пластах/ Т.Л. Ким, В.В. Дырдин//Горный журнал «Известия высших учебных заведений», 2011.-С.131-135.

УДК [551.4+528.481+625.7]: 911.6

В.П. МАЗИКИН, д.т.н.
(Администрация Кемеровской области, г. Кемерово)
А.Ф. ЕМАНОВ, д.т.н.
(Алтае – Саянский филиал Геофизической службы СО РАН)
Ю.В. КУЗНЕЦОВА
(ТЦМП ЧС ГКУ КО «Агентство по защите населения и территории Кемеровской области»)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Вся территория Кузбасса относится к 7-балльной зоне с периодом повторения 5000 лет и вероятностью превышения указанной балльности в течение 50 лет, равной 1%. Основанием для отнесения Кузбасса, в особенности его южной части, к числу сейсмоактивных послужили как исторические данные, так и современная сейсмичность, полученная по данным регистрации сейсмической сетью Алтая-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН.

Природа сейсмической активности недр Кузбасса заключена в его северном расположении крупной сейсмоактивной Алтае-Саянской горной системы, по которой в планетарных масштабах происходит медленное надвигание индокитайской континентальной плиты на евроазиатскую.

Кузнецкий угольный бассейн находится в северо-западной части Алтае-Саянской горной области, в неглубокой котловине, граничащей с Салаирским кряжем, Кузнецким Алатау и Горной Шорией, и представляет собой систему тектонических блоков, зон смятия, антиклинорных и синклинорных зон. Кузнецкая котловина испытывала энергичные сводово-

блоковые движения, приводящие к общему повышению рельефа, росту линейных гор и оформлению впадин. Тектонические движения развивались по древним глубинным разломам, которые на современном этапе характеризуются относительными вертикальными скоростями смещений 2, 3 мм в год и более.

Сопутствующие этим процессам сейсмические явления не могут быть изменены, устранены или отсрочены, поскольку являются органичным слагаемым эволюции недр и, следовательно, к землетрясениям нужно относиться как к естественным природным, в принципе неустранимым процессам.

На сегодняшний день в Кузбассе организованна сеть наблюдений из восьми стационарных сейсмических станций, информация с которых поступает в режиме реального времени в отдел сейсмологического мониторинга ТЦМП ЧС в г. Кемерово. Обработка сейсмоинформации осуществляется при использовании программного обеспечения, разработанного и установленного специалистами Геофизической службы СО РАН.

Получаемые данные подтверждают, что территория Кемеровской области сейсмически активная, попадает под влияние современных деформационных процессов. За последнее время землетрясения силой 3 – 4 магнитуд по шкале Рихтера неоднократно фиксировались на территории Кузбасса.

С активизацией сейсмических процессов возрастает степень риска аварий при освоении природных ресурсов. Повышенная сейсмичность территории приводит к «оживлению» тектонических разломов и активизации современных движений блоков земной коры, что на участках шахтных полей увеличивает опасность внезапной загазованности выработок, горных ударов и внезапных выбросов угля и газа. Явления эти сопровождаются выделением больших запасов упругой энергии, сопоставимых с энерговыделениями при мелкофокусных землетрясениях.

В осадках Кузнецкой котловины обнаружены интенсивные активизации, состоящие из землетрясений малых энергий. Активизации, происходящие на глубинах от сотен метров до чуть более одного километра, имеют связь с горными выработками, в то время как сейсмические активизации с глубинами очагов преимущественно 2-3 км связи с конкретными горными выработками не имеют. Имеющаяся сеть стационарных станций позволяет регистрировать только наиболее крупные сейсмособытия таких активизаций, при этом отсутствует информация о глубине очагов и неясна природа события.

Наиболее активные природные очаговые области располагаются в горном обрамлении Кузнецкой котловины, что вполне увязывается с общими закономерностями сейсмичности Алтае-Саянской горной области.

На сегодняшний день неизвестны масштабы распространения таких активизаций, не установлена природа их возникновения, нет оценки опасности этих процессов для густонаселенного Кузбасса.

Поэтому изучение природного и техногенного факторов в развитии сейсмического процесса в условиях интенсивной добычи полезных ископаемых является фундаментальной проблемой, важной для обеспечения безопасности как Кузбасса, так и многих других регионов.

Для решения этой проблемы необходимо увеличить число сейсмостанций, проводить исследования в местах активизации с развертыванием временных сетей станций, изучить особенности глубинного строения зон активизаций и провести геологические исследования в районе активизаций.

Все вышеуказанные исследования желательно сосредоточить в одном месте расширив отдел сейсмологического мониторинга Территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС. Научные разработки, совместно с инструментальными данными, полученными на модернизированных в соответствии с современными требованиями сейсмологических сетях, позволят обеспечить новый уровень знаний в области сейсмологии. А проводить их необходимо по следующим направлениям:

- исследование физики очага землетрясения;
- изучение сейсмического режима и геодинамики сейсмоактивных областей;
- изучение техногенной сейсмичности;
- разработка методов среднесрочного прогноза землетрясений;
- проведение детального сейсмического районирования;

Первое направление. Исследование физики очага землетрясения

Существующие сети станций позволяют определять характер подвижки в начале процесса вспарывания геологической среды при землетрясении и не дают информации о дальнейшем протекании процесса.

При замене старого сейсмического оборудования на широкополосные приборы, акселерометры и велосиметры возможно получить высокоточную информацию о плоскостях разрывов в среде и о развитии процесса разрушения среды во времени. Исследования физики процесса разрушения среды в Кузбассе до настоящего времени практически не проводились, и именно здесь ожидаются новые крупные результаты.

Второе направление. Изучение сейсмического режима и геодинамики сейсмоактивных областей

Изучение сейсмического режима на более высоком уровне представительности и точности открывает новые возможности для

понимания геодинамической эволюции блочных структур. Наибольший интерес в этом плане вызывают следующие вопросы:

- построение моделей, описывающих пространственно-временные связи в сейсмичности;
- изучение условий возникновения сейсмических активизаций разного энергетического уровня;
- изучение физического состояния вещества на разных глубинных уровнях с использованием высокоточных данных о землетрясениях разных энергий.

Новые возможности исследований могут быть обеспечены как на основе данных сети станций с приборами нового поколения, так и при организации локальных экспериментов с временными сетями станций.

Третье направление. Изучение техногенной сейсмичности

Техногенная сейсмичность является предметом исследования в районах, где осуществляется сильнейшее воздействие на геологическую среду в результате деятельности человека. Для Сибири это места добычи полезных ископаемых и районы крупных водохранилищ. На сегодняшний день наиболее крупным районом добычи полезных ископаемых в Сибири является Кузбасс, где уже столкнулись с интенсивными сейсмическими активизациями техногенной природы. Необходимо сочетание сейсмических исследований двух уровней:

первый уровень – увеличение сети станций, охватывающей Кузбасс и позволяющей обнаруживать сейсмические активизации техногенного характера по наиболее мелким событиям;

второй уровень – разворачивание локальных сетей для изучения сейсмических активизаций.

Весьма важный момент - разработка алгоритмов и программ для изучения мелкофокусных землетрясений. К важнейшим проблемам следует отнести также разработку моделей, описывающих возникновение и протекание процессов техногенной сейсмичности, а также оценку сейсмической опасности вследствие техногенной сейсмичности для населения и подземных выработок.

Возможность возникновения наведенной сейсмичности в районах эксплуатации при разработке полезных ископаемых дискутируется. Постановка такой проблемы требует детальной проработки по следующим направлениям:

- оценка режима эксплуатации сооружений и амплитуды колебания при разработке месторождений;
- оценка геологического разреза.

Необходимо также проведение специального детального изучения сейсмических особенностей зоны.

Четвертое направление. Разработка методов среднесрочного прогноза землетрясений

Среднесрочному прогнозу землетрясений для территории Сибири до настоящего времени не уделялось должного внимания, этой проблеме посвящено относительно немного публикаций в научной литературе. В настоящее время в Кузбассе имеется всего несколько типов сейсмических процессов. При этом методы среднесрочного прогноза для каждого типа сейсмических процессов будут разные. Большинство методов среднесрочного прогноза землетрясений разрабатываются для районов зон коллизии, где сейсмичность по энергетике существенно выше, чем на континенте, поэтому алгоритмы такого прогноза для территории Кузбасса потребуется разрабатывать с учетом особенностей сейсмичности, характерных для его районов.

Пятое направление. Проведение детального сейсмического районирования Кузбасса

Утвержденная Госстроем России Карта общего сейсмического районирования ОСР-97, поставила многие регионы в сложное положение – практически повсеместно прогнозируемая интенсивность сейсмических сотрясений повысилась на один балл. Это привело к необходимости пересмотра существующих региональных строительных норм и ревизии состояния тех или иных сооружений в условиях «понизившейся» их сейсмостойкости. Более того, как это часто бывает при выполнении масштабных проектов, карта ОСР-97 содержит ряд недочетов, которые могут быть устранены путем детального сейсмического районирования (ДСР) застроенных, или готовящихся к застройке новых территорий. Однако методические основы ДСР, разрабатывавшиеся еще в 60-70-х годах прошлого века, морально и физически устарели на фоне расширения научных знаний о сейсмическом процессе и совершенствования геофизического оборудования. Из сказанного следует, что в кратчайшие сроки необходимо разработать и внедрить в практику основы ДСР для сейсмоопасных регионов Сибири.

В основе общего (ОСР) и детального (ДСР) сейсмического районирования любой территории лежат сведения о геотектонических концепциях, разломных структурах и землетрясениях, произошедших в рассматриваемом районе. К ним относятся данные инструментальных наблюдений, которые имеются, в лучшем случае, за период порядка 100 лет, а также сведения о землетрясениях до инструментального периода.

При составлении карт сейсмического районирования учитывается информация о зонах возможных очагов землетрясений (ВОЗ), о характеристиках сейсмического режима этих зон, о характере подвижек в каждой из них, о максимально возможной магнитуде землетрясения в этих зонах, о затухании сотрясений поверхности в пространстве.

Для оценки сейсмической опасности на более детальном уровне, чем это сделано в Карте общего сейсмического районирования ОСР-97, необходимо дополнить исходную информацию новыми данными и доработать методы оценки сейсмической опасности в соответствии с новыми подходами, пока еще недостаточно применяемыми не только в России, но и в мировой практике.

Так как Карта ОСР составлена на основе глобальных данных о сейсмических процессах, в ней мало использована региональная информация. Вместе с тем, за более чем четыре десятилетия существования региональных сетей станций накопилось достаточно информации о региональной сейсмичности Кузбасса, и ее использование поможет решить следующие задачи:

– провести уточнение положения зон ВОЗ;

– для каждой зоны ВОЗ построить графики повторяемости и определить их характеристики, дать оценку точности параметров повторяемости землетрясений;

– обобщив макросейсмические данные, исследовать затухание сотрясений поверхности по территории Кузбасса;

– исследовать затухание сейсмических волн по записям землетрясений, полученными на станциях сети, разработать методику дополнения информации о затухании сотрясения поверхности данными о затухании сейсмических волн;

– определить максимально возможные землетрясения для каждой из зон ВОЗ (построить карты сейсмического потенциала территории Кузбасса);

– провести серию расчетов для построения карт пиковых ускорений и вероятностных карт балльности или, другими словами, карт ДСР.

В целом, проведение комплекса исследований в рамках работы Кузбасского центра сейсмических исследований будет служить для повышения эффективности мероприятий по обеспечению сейсмобезопасности территории Кемеровской области, а полученные данные позволят расширить научные знания о природе сейсмических активизаций в зонах интенсивной промышленной деятельности, также дестабилизирующей верхнюю часть земной коры.

Список литературы

1. Территориальная комплексная программа охраны окружающей среды Кемеровской области. Кемерово 1993г. Администрация Кемеровской области. Сибирский промстойпроект. Том 8. - 212 с.;

2. Геодинамическое районирование южного Кузбасса. Кемерово 2006г. Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ Кемеровское представительство, ООО «Редакционно-издательская фирма «Весть», 2006 - 180с.;

3. Общее сейсмическое районирование северной Азии ОСР-97. Отв.ред. Уломов. – М, 1997г.;

УДК 622.2

В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН профессор, д-р техн. наук,
зав. кафедрой теоретической и геотехнической механики
(КузГТУ, Кемерово)
А.Е. МАЙОРОВ канд. техн. наук,
зав. лабораторией проблем энергосбережения
(КемНЦ СО РАН, Кемерово)

ФИЛЬТРАЦИЯ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

КемНЦ СО РАН совместно с кафедрой теоретической и геотехнической механики КузГТУ разработаны новые технологии крепления горных выработок, основанные на цементационном упрочнении трещиноватой приконтурной зоны в сочетании с анкерами, закрепляемыми в скважинах сыпучим материалом – кварцевым песком. Скважины анкерного крепления используются как для нагнетания цементного раствора, так и для дренажных фильтрационных сбросов свободной жидкой фазы [1]. При этом движение суспензии рассматривается как гидротранспорт дисперсных частиц, образующих поток с определенной плотностью.

При цементации трещин горных пород использование низкоконцентрированных растворов обусловлено необходимостью повышения их проникающей способности. В процессе течения цементных растворов в пространстве трещины происходит отфильтровывание жидкой фазы с непрерывным повышением концентрации и изменением структурно-реологических характеристик.

В соответствии с работами Graham B. Wallis и Р.И. Нигматулина по механике многофазных сред известно, что в двухфазном течении, при наличии зависимости между расходом и концентрацией всегда наблюдаются волновые процессы при массопереносе частиц [2, 3]. Учитывая данный факт, для оценки скорости движения и расхода цементных частиц в плоскопараллельном потоке раствора его массовую концентрацию по цементу представим в виде массового распределения цемента по длине трещины при ее известных линейных размерах, т.е. в виде линейной плотности потока раствора χ (кг/м):

$$\chi = \frac{M_ц}{V_р/S_{тр}} = \frac{Ц}{(Ц/\rho_ц + В/\rho_в)/S_{тр}},$$

где $M_ц$ – масса цемента в трещине, кг; $V_р$ – объем раствора в трещине, м^3; $S_{тр}$ – площадь трещины, м^2; Ц и В – относительное массовое содержание цемента и воды в растворе концентрацией α = Ц:В; $\rho_ц$ и $\rho_в$ – плотность соответственно цементной частицы и воды.

Серия экспериментов по перепуску фиксированных порций цементного раствора с ПЦ М400 разной концентрации при фиксированном давлении проведена на модели искусственной щели. При анализе результатов исследований получена кубическая зависимость массового расхода по цементу Q_m (кг/с) от линейной плотности потока частиц цемента χ (рис. 1). Зависимость аппроксимируется участком полинома третьей степени $Q_m = -0{,}00018\cdot\chi^3 + 0{,}027\cdot\chi^2 + 0{,}72\cdot\chi$ при $R^2 = 0{,}971$. Классическая форма кривой подтверждает факт образования волн приливов плотности частиц цемента в потоке суспензии при наличии дренажа в конце трещины. При этом, зная концентрацию раствора на конкретном участке трещины всегда можно определить скорость потока частиц цемента и их расход. Скорость движения частиц цемента $V_ц$ в потоке при начале цементации трещины определяется углом наклона прямой 0*D* к горизонту, что соответствует значению $arctgV_ц$ и изменяется неравномерно.

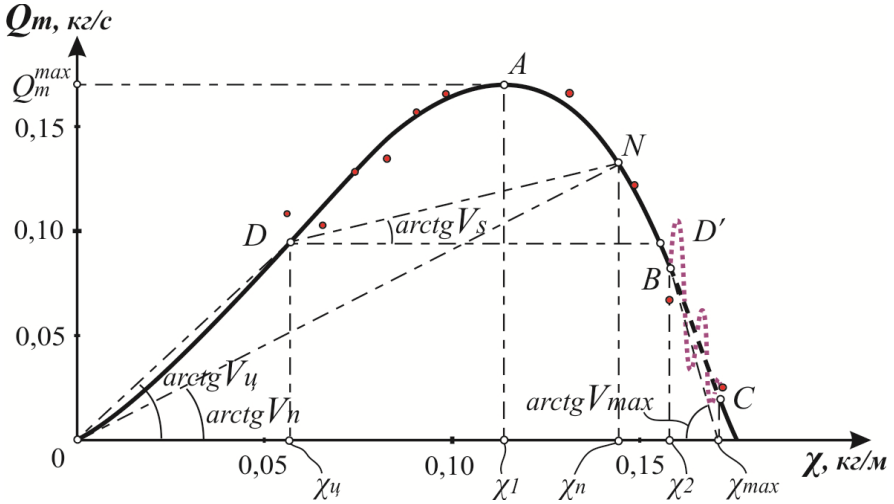


Рис. 1. Зависимость изменения массового расхода по цементу от линейной плотности потока частиц цемента при его истечении из щели

Если в потоке отсутствует дисперсная фаза, то $\chi = 0$, когда частицы расположены вплотную друг к другу, соответственно $\chi = \chi_{max}$.

Процесс заполнения щели от точки *D* при начальном значении $\chi_ц$ соответствуют положительному наклону кривой $Q_m(\chi)$ в диапазоне

значений между точками *0A*. После начала отфильтровывания жидкой фазы суспензия структурируется. Новое значение χ распространяется навстречу потоку. В точке *N*, изображающей новую ситуацию, кривая имеет отрицательный наклон, переходя точку максимума *A*. Причем одному и тому же значению Q_m могут соответствовать два различных значения χ. Повышение линейной плотности потока частиц цемента по мере отфильтровывания жидкой фазы сопровождается скачком расхода от исходного значения до Q_m^{max} и возвратом к исходному. Волна прилива плотности движется навстречу потоку с отрицательной скоростью V_s (скорость движения границы раздела раствора), соответствующей углу наклона линии *DN* к горизонту.

В области *BC* графика плотность потока непрерывно изменяется. При линейной плотности потока частиц цемента близкой к χ_2 раствор находится в состоянии структурированной смеси. Повышение концентрации испытываемого раствора до χ_{max} приводит к закупориванию щели. Конечное время нагнетания раствора в трещину ограничено временем схватывания цемента, останавливающим все описанные процессы. Значение χ_{max} для уплотненной структуры частиц распространяется от места отфильтровывания по длине трещины со скоростью скачка V_{max}, соответствующей тангенсу угла наклона касательной к кривой $Q_m(\chi)$, проведенной из точки $\chi = \chi_{max}$, $Q_m = 0$.

Таким образом, значение линейной плотности потока суспензии для зависимости $Q_m(\chi)$ может иметь следующие принципиальные значения: до точки максимума – участок 0*A*; непосредственно в точке максимума *A*; после точки максимума до начала пульсаций потока – участок *AB*; в процессе пульсаций до χ_{max} – участок *BC*.

В экстремуме функции имеется максимум потока с производительностью Q_m^{max}, что соответствует рациональному значению концентрации раствора с позиции обеспечения максимальной производительности процесса заполнения трещины твердой фазой или пропускной способности трещины. Максимально допустимая концентрация раствора для цементации трещин соответствует значению χ_2.

Дальнейший анализ результатов вышеуказанных исследований позволил получить важную для внедрения технологии зависимость изменения массового расхода Q_m по цементу от массовой концентрации раствора α (Ц:В) при его истечении из щели [4].

Таким образом, выявленная неравномерность скорости движения частиц, сопровождаемая скачком массового расхода потока по цементу, предполагает и неравномерность упаковки частиц по длине трещины. Зависимости $Q_m(\chi)$ и $Q_m(\alpha)$ описывают основные технологические параметры процесса цементации трещин с отфильтровыванием жидкой

фазы раствора через дренажные скважины. Очевидна необходимость пересмотра существующих нормативов и регламентов в области цементационного упрочнения и тампонажа горных пород.

Список литературы

1. Майоров, А.Е. Консолидирующее крепление горных выработок / А.Е. Майоров, В.А. Хямяляйнен; науч. ред. В.А. Хямяляйнен; Сиб. отд-ние РАН, КемНЦ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 264 с.
2. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. Ч. 1 и 2.
3. Graham, B. Wallis. Одномерные двухфазные течения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 440 с.
4. Методические указания по технологии консолидации нарушенных приконтурных пород горных выработок инъекционной цементацией и анкерами с сыпучим минеральным заполнителем / КемНЦ СО РАН, КузГТУ, ИУ СО РАН, ООО «ППЦ Кузниишахтострой». – Кемерово, 2011. – 41 с.

УДК 622.276.8:622.337:535.8

М.Г. МАРТИКЯН, студент
(ТПУ, г. Томск)
В.В. ТИХОНОВ, студент
(ТПУ, г. Томск)
Л.В.ЧЕКАНЦЕВА, научный руководитель,
заведующая лабораторией
(ТПУ, г. Томск)
Л.В.ШИШМИНА, научный руководитель,
доцент, кандидат химических наук
(ТПУ, г. Томск)

МЕТОД ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕССЫ АГРЕГАЦИИ АСФАЛЬТЕНОВ

Нефть является одним из наиболее потребляемых человеком ресурсов Земли. В современном нефтегазовом промысле существует ряд проблем, связанных с ее добычей и эксплуатацией. В частности, это образование неустойчивых высокомолекулярных компонентов: асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) с их дальнейшим осаждением на поверхности труб и трубопроводов, закупориванием порового пространства пласта и т.д.

Необходимость борьбы с отложениями приводит к большим материальным затратам и удорожанию добываемой нефти. Отложения,

образующиеся при чистке нефтеподъемных и выкидных труб, промысловых сборных емкостей и резервуаров, как правило не находят реализацию и собираются в специальных нефтяных амбарах. Эти хранилища загрязняют окружающую среду, являются пожароопасными и создают серьезную экологическую угрозу. В этой связи перспективным является предотвращение формирования отложений различными способами [2].

Одним из перспективных методов очистки от нефтяных отложений являются способы вибрационного или акустического воздействия. Наложение вибрационного воздействия разрушает кристаллизационные структуры. После разрушения структурной сетки появляется текучесть, при этом резко уменьшается кинематическая вязкость [3,4]. Тем не менее, механизм влияния ультразвука на асфальтены до сих пор так и до конца не изучен.

Целью настоящей работы было исследование особенностей поведения нефтяных асфальтенов в зависимости от количества добавленного н-гептана, используемого в качестве осадителя, влияния обработки ультразвуковым воздействием (УЗВ) методом оптической микроскопии. Растворы асфальтенов в смеси толуола и н-гептана являются подходящими для исследования процесса осаждения асфальтенов и могут быть использованы в качестве модельной системы для дальнейшего изучения [1]. Концентрации асфальтенов в толуоле составляли 0,1 и 1 г/л. Исходный раствор подвергался диспергированию в ультразвуковой ванне Liborette-17 в течение 1 минуты. Мощность Liborette-17 - 240 Вт. Керамический вибратор создает на нижней стороне ванны вибрации частотой 35 кГц, вызывающие эффект кавитации во всей жидкости, находящейся в ванне. Перемена давления обеспечит диспергирование асфальтеновых частиц в толуоле.

После УЗВ в каждый новый раствор асфальтенов добавляли определенное количество н-гептана сразу, затем через каждые 2 часа. Через сутки пробу тщательно перемешивали и отбирали объем для исследования. Методом оптической микроскопии с использованием модульного биологического микроскопа Olympus CX41 были проанализированы растворы асфальтенов с 65%, 75% и 85% н-гептана для 0,1 г/л, 53%, 58% и 66% н-гептана - для 1 г/л, которые предварительно подвергли УЗВ. В образцах измерялись размеры частиц агрегировавших асфальтенов и проводился дисперсионный анализ исследуемой системы.

В системах асфальтены–толуол-гептан без УЗВ для всех концентраций максимум приходится на долю частиц размером 3 мкм (кроме концентраций 58%, там максимум приходится на 2 мкм). Для растворов с концентрацией 53% подвергнутой УЗВ сразу, через 2,4 часа проявлена стабилизация асфальтенов в районе 2 мкм, через 6 часов после

УЗВ система практически возвращается в исходное состояние. Для растворов с концентрацией 58% гептана, подвергнутой УЗВ через 4 часа отчетливо видна стабилизация асфальтенов в диапазоне 2 мкм, после УЗВ исчезают асфальтены от 21 мкм. В растворах с концентрацией 66 % н-гептана УЗВ стабилизирует асфальтены в диапазоне до 6-7 мкм с максимумом 2 мкм (рис.1).

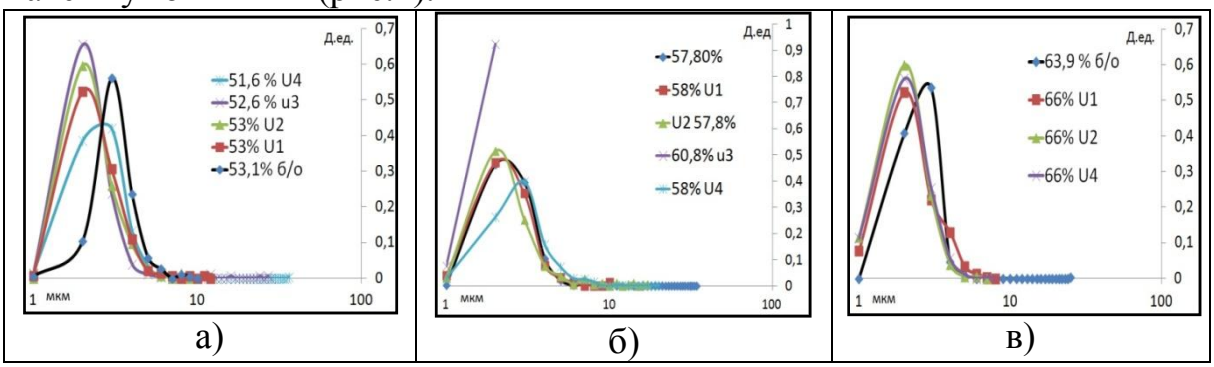


Рис. 1 Дифференциальные кривые распределения частиц асфальтенов по размерам концентрация 1г/л: а) асфальтены-толуол-УЗВ+53% гептана; б) асфальтены-толуол-УЗВ+58% гептана; в) асфальтены-толуол-УЗВ+66% гептана

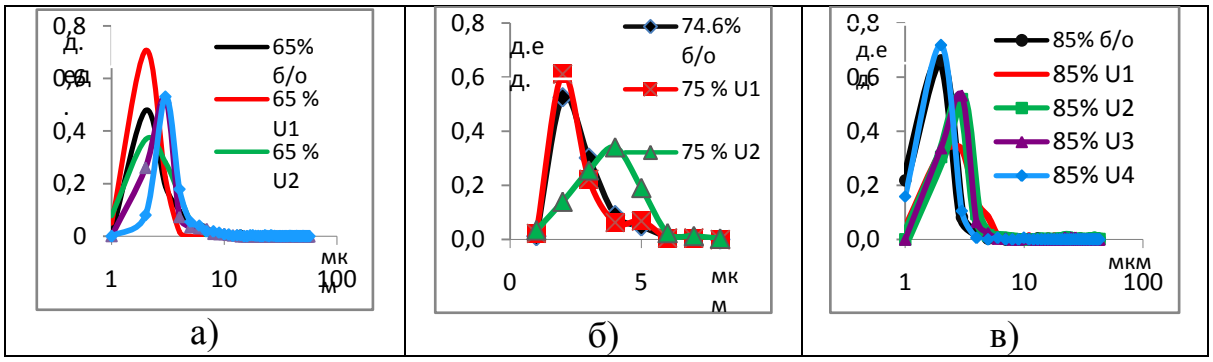


Рис. 2 Дифференциальные кривые распределения частиц асфальтенов по размерам концентрация 0,1г/л: а) асфальтены-толуол-УЗВ+65% гептана; б) асфальтены-толуол-УЗВ+75% гептана; в) асфальтены-толуол-УЗВ+85% гептана

Для 0.1 г/л в системах асфальтены–толуол-гептан без УЗВ для всех концентраций максимум приходится на долю частиц размером 2 мкм, но с разным содержанием крупных частиц. В растворах с концентрацией 65% гептана, подвергнутых УЗВ сразу, через 2, 4 часа после обработки уменьшается доля крупных частиц до 17 мкм. Через 6 часов после УЗВ можно видеть, что система вернулась в исходное состояние. По виду кривой для растворов с концентрацией 75% н-гептана присутствуют частицы до 8 мкм с максимумом от 2 до 4 мкм. В растворах с концентрацией 85% гептана, приготовленных сразу после УЗВ, через 2 и 4

часа, происходит увеличение доли крупных частиц с размерами до 41 мкм и максимумом в диапазоне 4-5 мкм. Для раствора, приготовленном через 6 часов после УЗВ, доля крупных частиц уменьшается до 10 мкм и увеличивается доля мелких частиц с максимумом 2 мкм (рис.2).

Результаты исследования показали, что ультразвуковая обработка оказывает воздействие на систему асфальтены/толуол+н-гептан, оно зависит от концентрации осадителя. По полученным данным построены дифференциальные кривые распределения частиц асфальтенов по размерам в зависимости от УЗВ и условий воздействия коагулянта–н-гептана.

Список литературы

1. Yudin I. K., Nikolaenko G. L., Gorodetskii E. E., Markhashov E. L., Frot D., Briolant Y., Agayan V. A., Anisimov M. A. Universal behavior of asphaltene aggregation in hydrocarbon solution // Petroleum Science and Technology. 1998. N3, P. 395 – 414.
2. Буря Е.Г. Исследование процессов агрегации асфальтенов в углеводородных системах: На правах рукописи. Дис. на соискание ученой степени канд. тех.наук. – Москва, 2001г. – 109 с.
3. Высокомолекулярные неуглеводородные соединения нефти. Смолы и асфальтены / С. Р. Сергиенко, Б. А. Таимова, Е. И. Талалаев М.: Наука. 1979. 20 с.
4. Химия высокомолекулярных соединений нефти / Ю. В. Поконова. – Л.: Издательство Ленинградского Университета. 1980.

УДК 662.6/.9, 628.5

В.И. МУРКО, профессор, докт. техн. наук, руководитель лаборатории
(СибГИУ, г. Новокузнецк)
В.И. ФЕДЯЕВ, генеральный директор
(ЗАО НПП «Сибэкотехника», г. Новокузнецк)
В.И. КАРПЕНОК, старший научный сотрудник
(СибГИУ, г. Новокузнецк)
Д.А. ДЗЮБА, старший научный сотрудник
(СибГИУ, г. Новокузнецк)
Г.Д. ВАХРУШЕВА, ведущий инженер
(СибГИУ, г. Новокузнецк)
В.П. МАСТИХИНА, старший научный сотрудник
(СибГИУ, ЗАО «НПП «Сибэкотехника» г. Новокузнецк)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

В настоящее время в Российской Федерации возрос интерес к использованию угольного топлива в малой и средней энергетике. Вместе с

тем, использование угля или продуктов его переработки требует внедрения новых экологически чистых технологий, поскольку сжигание угля сопровождается выделением большого количества вредных веществ в атмосферу. К числу наиболее вредных относятся оксиды серы и азота, которые являются одной из основных причин возникновения «кислотных дождей». Кроме того, оксиды азота NO_X участвуют в образовании фотохимического смога и разрушении озонового слоя.

Одним из путей снижения вредных выбросов является использование угля в виде суспензионного водоугольного топлива (ВУТ). Наиболее эффективной технологией сжигания забалластированных топлив, полученных на основе угольных шламов или отходов углеобогащения, является технология вихревого сжигания.

Цель настоящей работы – исследование уровня и состава вредных веществ в газовых выбросах при применении технологии вихревого сжигания суспензионного водоугольного топлива.

Экспериментальная часть

Суспензионное водоугольное топливо представляет собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля (угольного шлама), воды и реагента-пластификатора.

Характеристики углей и шламов, на основе которых были приготовлены опытные партии ВУТ, приведены в табл. 1.

Исследования состава вредных выбросов при сжигании суспензионного водоугольного топлива были проведены на демонстрационной стендовой опытно-промышленной установке ЗАО НПП «Сибэкотехника» [1]. Установка предназначена для отработки режимов приготовления и сжигания опытных партий водоугольного топлива, приготовленных на основе углей различных марок и зольности, а также угольных шламов и отходов углеобогащения.

Вихревой способ сжигания [2] обеспечивает максимальное выгорание угольных частиц, используя механизмы внутренней стабилизации горения, характерные для вихревых топок. Стабилизация горения в вихревых топках обеспечивается тем, что горячие продукты горения направляются в корень факела и этим обеспечивают его надежное воспламенение при сравнительно низкой температуре. Кроме того, за счет тангенциального ввода потоков дутья организовано вихревое течение и перемешивание горячих продуктов сгорания с вводимыми потоками, что обеспечивает наибольшую глубину выгорания топлива и стабильность горения.

Таблица 1 - Характеристика исходного сырья для приготовления партий ВУТ

Исходный материал	Влага, %	Зольность, %	Выход летучих веществ, %	Теплота сгорания топлива (низшая), МДж/кг (ккал/кг)
Уголь марки «СС»	8,5	14,5	27,2	25,97 (6204)
Уголь марки «Д»	11,8	17,3	43,0	21,19 (5060)
Шлам марки «$СС_Ш$»	13,0	23,0	27,4	21,06 (5030)
Шлам марки «КС» (ОФ ОАО «Междуречье»)	30,0	23,2	22,9	18,07 (4315)
Шлам марки «ГЖ» (ЦОФ «Абашевская»)	36,1	26,5	36,2	14,85 (3546)
Антрацит (Вьетнам)	14,0	28,0	8,0	34,75 (8300)
Бурые угли (Монголия)	28,2	11,1	54,0	14,07 (3360)
Высокосернистые угли (Болгария)	24,8	20,0	59,0	15,11 (3609)
Тонкодисперсные отходы углеобогащения (ОФ «Щедрухинская»)	39,9	32,9	26,3	12,48 (2980)

Внешний вид и технологическая схема установки приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

Рис. 1. Внешний вид установки сжигания ВУТ

Активная вихревая аэродинамика, создаваемая в камере тангенциальной подачей дутья, используется для глубокого выжигания летучих и уноса и подавляет эмиссию вредных веществ благодаря активному перемешиванию. Кроме того, благодаря вихревой аэродинамике в несколько раз увеличивается время нахождения частиц топлива в зоне горения, что также положительно сказывается на уровне вредных выбросов.

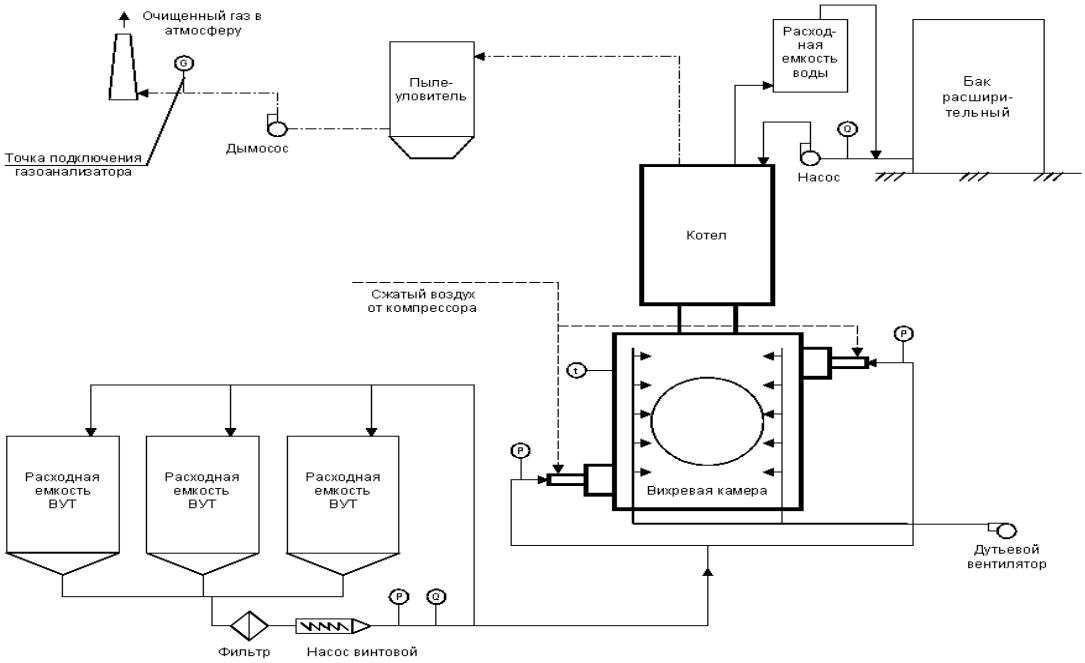


Рис. 2. Схема установки

В этом отношении вихревая топка выгодно отличается от стандартных топочных устройств угольных котлов, где величина механического недожога может достигать 40 %, а уровень вредных выбросов может превышать предельно допустимые значения в несколько раз.

Топливо из расходных баков с помощью винтового насоса по системе трубопроводов подавалось к форсункам горелочных устройств. Регулирование объема подачи осуществлялось с помощью инвертора путем изменения частоты вращения двигателя насоса.

Распыление топлива форсункой осуществлялось с помощью сжатого воздуха от компрессора Температура в вихревой камере сжигания контролировалась термопреобразователем. Давление ВУТ и сжатого воздуха контролировались датчиками давления и манометром; расход топлива и сжатого воздуха – расходомерами. Все показания по давлению и температуре фиксировались на технологических измерителях. Для розжига применялась солярная горелка.

Измерение содержания основных токсичных компонентов (CO, NOX, SO2) в уходящих газах при сжигании ВУТ производилось с помощью газоанализатора Testo 300XXL, который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 17271-05 и допущен к применению в Российской Федерации.

Параметры работы вихревой топки приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Параметры работы вихревой камеры сжигания

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение
Расход дутьевого воздуха	$Q_{в.д}$	$м^3/ч$	330–550
Давление сжатого воздуха на распыл ВУТ	$P_{сж}$	МПа ($кгс/см^2$)	0,1471–0,1961 (1,5–2,0)
Расход топлива	$B_т$	кг/ч	30–130
Коэффициент избытка воздуха	α	-	3,3–3,9
Температура газов в топке	$t_т$	°C	900–1200
Температура газов перед котлом	$t_{пк}$	°C	690–800
Температура газов после котла	$t_{кв}$	°C	230–275

Результаты и их обсуждение

Содержание твердой фазы в пробах ВУТ из каменных углей практически постоянно и колеблется в небольших пределах – от 60 до 65% (табл. 1). Исключение составляет топливо из бурого угля, содержание твердой фазы в котором 47%, что обусловлено высоким содержанием влаги в исходном угле. Большая часть исходной влаги химически связана с частицами угля и не участвует в образовании жидкой структуры топлива. Небольшое содержание твердого в ВУТ из бурого угля также объясняет пониженную теплоту сгорания топлива и обуславливает его высокий расход при сжигании.

Ввиду того, что содержание серы в Кузбасских каменных углях и Вьетнамском антраците мало [3], при сжигании партий ВУТ из этих углей практически не образуется двуокись серы SO_2. Небольшое содержание SO_2 отмечено при сжигании ВУТ из Монгольских бурых углей и шламов ОФ ОАО «Междуречье». Максимальное содержание двуокиси серы в газах наблюдалось при сжигании ВУТ из Болгарских высокосернистых углей, причем не наблюдалось зависимости величины SO_2 от температуры (в диапазоне 900÷1000°C).

Содержание СО при стабилизированном режиме горения топлива во всех опытах невысокое, в 1,5-3,0 раза меньше нормативных значений [4]. Отмечено, что во всех случаях содержание СО в газовых выбросах снижается с ростом температуры в топке вследствие уменьшения химического недожога (рис. 3).

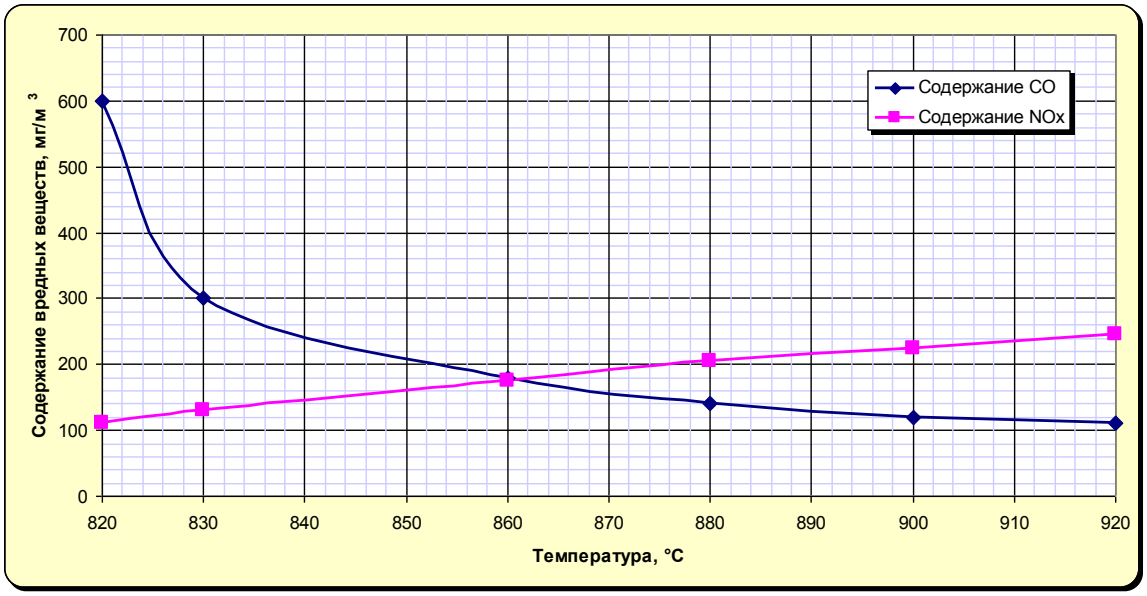


Рис. 3. Зависимость содержания вредных веществ от изменения температуры в вихревой камере

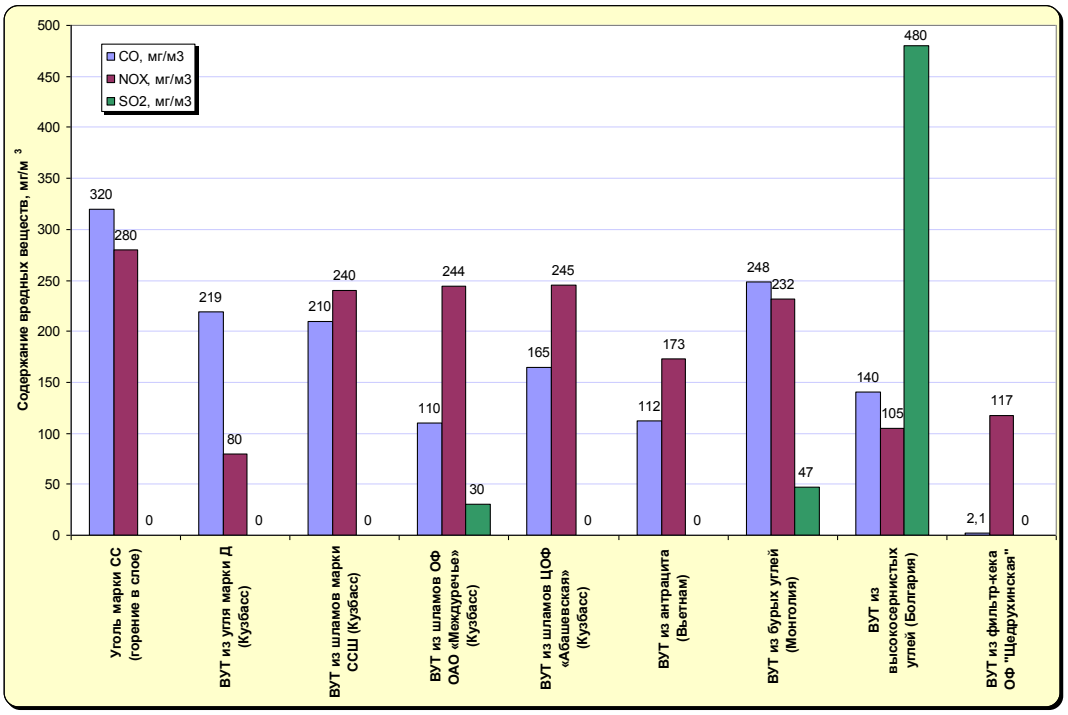


Рис. 4. Содержание и изменение вредных веществ в дымовых газах при сжигании ВУТ

Таблица 3 - Содержание вредных веществ в отходящих газах при сжигании образцов ВУТ из различных углей и шламов

Наименование показателя	Уголь марки СС (горение в слое)	Результаты сжигания партий ВУТ, мг/м^3, приготовленного на основе:		
		ВУТ из угля марки Д (Кузбасс)	ВУТ из шламов марки СС$_{Ш}$ (Кузбасс)	ВУТ из шламов ОФ ОАО «Междуречье» (Кузбасс)
Массовая доля твердой фазы, %	82	64	64,5	62,6
Низшая теплота сгорания, МДж/кг (ккал/кг)	20,89 (4990)	14,99 (3580)	16,18 (3865)	16,01 (3823)
Вязкость (при скорости сдвига 81 с$^{-1}$), мПа×с	-	320	355	563
Расход ВУТ, л/ч	-	50	60	60
Давление ВУТ, атм	-	1,8	1,7	1,5
Температура в топке, °С	900	1050	1100	1050
CO[6], мг/м^3	320	219	210	110
NO_X[7], мг/м^3	270	80	280	244
SO_2[8], мг/м^3	0	0	0	30

[6] Нормативные значения CO – не более 375 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

[7] Нормативные значения NO_X – не более 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

[8] Нормативные значения SO_2 – не более 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

Таблица 4 - Содержание вредных веществ в отходящих газах при сжигании образцов ВУТ из различных углей и шламов

Наименование показателя	Результаты сжигания партий ВУТ, мг/м^3, приготовленного на основе:				
	ВУТ из шламов ЦОФ «Абашевская» (Кузбасс)	ВУТ из антрацита (Вьетнам)	ВУТ из бурых углей (Монголия)	ВУТ из высокосернистых углей (Болгария)	ВУТ из кека ОФ «Щедрухинская» (Кузбасс)
Массовая доля твердой фазы, %	62,5	64,5	47	62	63
Низшая теплота сгорания, МДж/кг (ккал/кг)	12,21 (2916)	15,18 (3625)	8,361 (1997)	15,31 (3656)	15,07 (3600)
Вязкость (при скорости сдвига 81 с$^{-1}$), мПа×с	380	470	850	370	385
Расход ВУТ, л/ч	100	30	130	80	95
Давление ВУТ, атм	1,5	3,2	1,3	1,7	1,5
Температура в топке, °С	950	980	900	1000	1150
CO[9], мг/м^3	165	112	248	140	1,8
NO_X[10], мг/м^3	245	173	252	105	122
SO_2[11], мг/м^3	0	0	47	480	0

[9] Нормативные значения CO – не более 375 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

[10] Нормативные значения NO_X – не более 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

[11] Нормативные значения SO_2 – не более 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89)

Содержание NO_X также существенно ниже нормативного значения [5]. С ростом температуры содержание NO_X пропорционально увеличивается, что соответствует представлениям об образовании соединений азота при горении (Рис. 3).

Результаты сжигания опытных партий ВУТ приведены в табл. 3 и табл. 4. Содержание и изменение вредных веществ в дымовых газах показано на рис. 4.

Можно утверждать, что сравнительно низкие значения вредных веществ, полученные при сжигании ВУТ, обусловлены:

– относительно невысокими значениями температуры горения топлива в вихревой камере;

– длительным временем нахождения (и, соответственно, полным выгоранием) частиц распыленного ВУТ в зоне горения.

Заключение

Проведенные исследования показали:

– благодаря применению эффективной технологии вихревого сжигания суспензионного водоугольного топлива достигнуто существенное снижение содержания вредных веществ в уходящих газах;

– применения угля в виде суспензионного водоугольного топлива как экологически чистого энергоносителя перспективно, в т.ч. для продуктов углеобогащения и угольных шламов.

Список литературы

1. Мурко В.И., Федяев В.И., Бровченко С.А., Дзюба Д.А. // Уголь. 2003. № 6. С. 53-54.

2. http://www.pem-energo.ru/szhiganie_vod

3. Мурко В.И., Федяев В.И., Фунг Мань Дак. // Уголь. 2007. № 10. С. 59-60.

4. Мурко В.И., Федяев В.И., Стариков А.П. и др. // Сибирский уголь. 2008. № 1. С. 38-39.

5. Журавлева Н.В., Мурко В.И., Федяев В.И. и др. Экологические аспекты вихревой технологии сжигания суспензионного угольного топлива. // Экология и промышленность России. 2009. № 1. С. 21-24.

УДК 622.257.1

Л.П. ПОНАСЕНКО, канд. техн. наук
(директор ППЦ «Кузниишахтострой», г. Кемерово)
С.Л. ПОНАСЕНКО, канд. техн. наук
(ведущий специалист ППЦ «Кузниишахтострой», г. Кемерово)

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ ш. им. С.Д. ТИХОВА С ПОВЕРХНОСТИ

Наклонные стволы шахты им. С. Д. Тихова были построены с поверхности по проекту, разработанному ООО «ППЦ Кузниишахтострой» в 2008–2010 г.г. При этом вскрытие массива произведено до выхода коренных пород под наносы на глубину 27,0 м. Всего было пройдено 4 наклонных ствола: два по пл.№ 26 – наклонный путевой и наклонный конвейерный и два по пл. № 23 – наклонный путевой и наклонный вентиляционный стволы.

Горно- и гидрогеологические условия строительства выработок осложнялись уровнем подземных вод на отметке от –2,0 до –10,0 м от поверхности и наличием склонных к размоканию и пучению грунтов.

Работы по подготовке к проведению стволов начинались с разработки проекта предварительного осушения грунтового массива и верхних пачек коренных пород. Осушение массива было выполнено с помощью сети водопонижающих скважин оборудованных погружными насосами. Глубина каждой скважины выбиралась таким образом, чтобы уровень воды в депрессионной воронке был хотя бы на 10 м ниже трассы проводимых стволов. Для сбора и отвода воды по поверхности был построен коллектор из трубы диаметром 273 мм и длиной почти 2 км. Артезианская по сути вода сбрасывалась в реку Ур. Марка, следовательно и производительность насоса в каждой скважине выбиралась на основании расчёта, а затем корректировалась по фактической водоотдаче скважины. Работы по водопонижению были начаты за полгода до начала земляных работ, что позволило к моменту начала строительства достичь уровня подземных вод на отметке –50,0 м от поверхности.

Вскрытие массива четвертичных отложений было произведено с помощью карьерной техники. Котлованы глубиной 27,0 м были выполнены со следующими параметрами: высота уступа – 5,0 м; угол откоса каждого уступа – 53°; результирующий угол откоса – 45°; ширина предохранительной бермы – 2,0 м. С целью безопасности движения автотранспорта котлованы были оборудованы въездными траншеями с углом уклона не превышающим 80‰ (около 5°).

Крепь стволов в устьевой части была выполнена из железобетона. В качестве базовой под омоноличивание была взята рама из спецпрофиля СВП-27 с обратным сводом. Затем к рамам была смонтирована рабочая и распределительная стрежневая арматура, после чего конструкция была замоноличена в бетон. Возведение крепи в котлованах осуществлялось в направлении снизу вверх (от забоя котлована к устью).

При выборе параметров крепи, определяющих её несущую способность (толщина крепи, шаг установки базовых рам, диаметр стержневой арматуры), вся устьевая часть выработок была разделена на участки в зависимости от мощности слоя дальнейшей обратной засыпки и, следовательно, от массы слоя грунта, воздействующего на крепь. Чем глубже от поверхности располагался участок крепи, тем мощнее была установленная крепь. При расчёте параметров крепи были учтены нагрузки, возникающие в процессе движения по выработке подвесных самоходных монорельсовых дизелевозных тележек с максимально возможным перевозимым грузом – секцией крепи очистного комплекса.

Обратная засыпка котлованов была выполнена после того, как уложенный в крепь бетон набрал 100 % прочности. Засыпка выполнялась вынутым из котлована грунтом слоями толщиной 0,5–0,7 м с тщательным уплотнением каждого слоя. С целью перераспределения горного давления на крепь от грунта обратной засыпки вокруг крепи каждого ствола был уложен демпферный слой из щебня крупностью 40–50 мм толщиной 2,0 м.

После завершения обратной засыпки была начата проходка выработок подземным способом с использованием проходческих комбайнов и конвейерного транспорта. На начальных этапах подземной проходки выработки также крепились железобетонной крепью, выполненной из базовых рам из спецпрофиля СВП-27 с обратным сводом, с последующим омоноличиванием в бетон с установкой дополнительной стержневой арматуры. Такое крепление выполнялось до тех пор, пока с заглублением стволов пачка коренных пород в кровле не достигала минимум 10 м в зависимости от крепости вмещающих пород, и горное давление на крепь выработки начинало определяться не всем столбом вышележащих грунтов (пород), а сводом обрушения, ограниченным контуром свода и плоскостями скольжения.

Дальнейшая проходка выработок выполнялась по классической комбайновой схеме с креплением металлической рамной крепью КМП-А3, выполненной из спецпрофиля СВП-27.

УДК 550.372: 624.131.32

С.М. ПРОСТОВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Е.А. САЛТЫМАКОВ, студент
(КузГТУ, г. Кемерово)

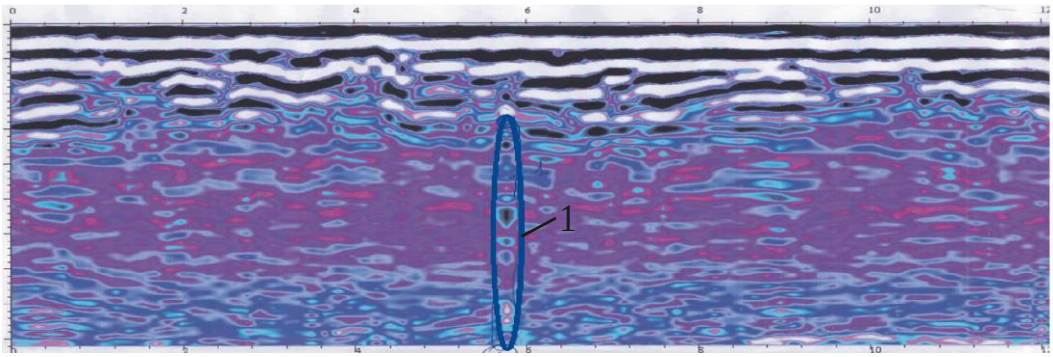
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОРАДАРОГРАММ

Под поверхностное радиолокационное зондирование основано на генерировании импульсов электромагнитных колебаний в диапазоне частот 50–1700 МГц и приеме сигналов, отраженных от границ слоев зондируемой среды с различными электрофизическими свойствами. При проведении электромагнитного сканирования грунтов на экране компьютера по ходу перемещения георадара отображается радарограмма, на которой фиксируются линии синфазности в виде черно-белых или цветных полос, а также возникающие при записи шумы и помехи. На радарограмме, как правило, указывается расстояние проходимое георадаром, глубина зондирования, время прохождения сигнала и специальные метки (рис. 1).

Обработку полевых радарограмм выполняют в основном визуально в интерактивном режиме, основываясь на личном опыте работы. При этом следует учитывать, что в результате обработки неизбежно теряется часть информации, в том числе и полезной. Проведению фильтрации должен предшествовать визуальный анализ регистрируемой волновой картины с целью обнаружения на георадарограммах участков с преобладанием полезных волн и помех. При выявлении помех в различном программном обеспечении теряются и полезные участки радарограмм [1]. Например, на рис. 1, *а* радарограмма показывает наличие электропроводящего кабеля, а на рис. 1, *б* – зоны осадки грунта. Указанные аномальные зоны определяются оператором интуитивно, а не по количественным критериям.

Для количественной интерпретации при обработке радарограмм разработан алгоритм построения интегрированной радарограммы (рис. 2).

а



б

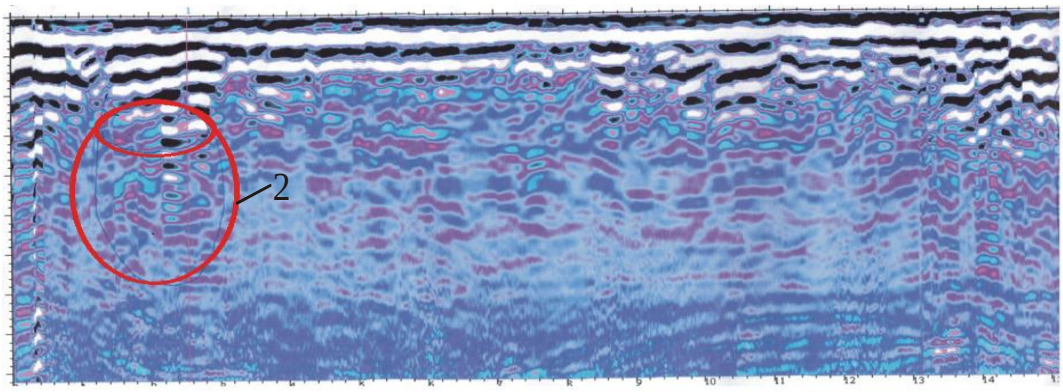


Рис. 1. Характерные виды аномальных зон на радарограммах:
1 – подземный электропроводящий кабель; 2 – зона осадки грунта

Основные элементы алгоритма следующие:

– разделение поля радарограммы на элементы и пиксели;

– задание начальных и граничных условий;

– задание цветовой палитры, которая позволяет определить значение амплитуды *A* отраженного сигнала;

– вычисление усредненного интегрированного значения Σ амплитуды *A* для элементов радиограммы;

– вывод интегрированной радарограммы в цифровом или графическом виде.Алгоритм реализован в виде компьютерной программы в среде Delfi 7, интерфейс которой приведен на рис. 3.

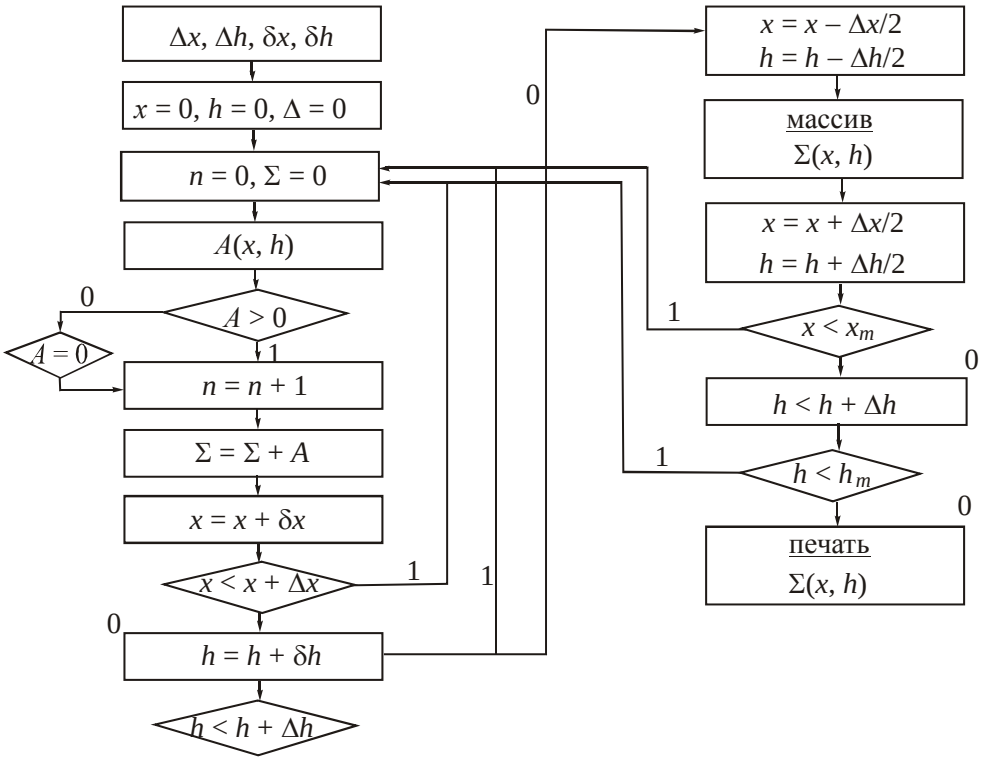


Рис. 2. Алгоритмы построения интегрированной радарограммы:
Δx, Δh – размеры элементов радарограммы; δx, δh – размеры пикселей; x, h – координаты, A – амплитуды отраженного сигнала; x_m, h_m – максимальные координаты; Σ – интегрированное значение A

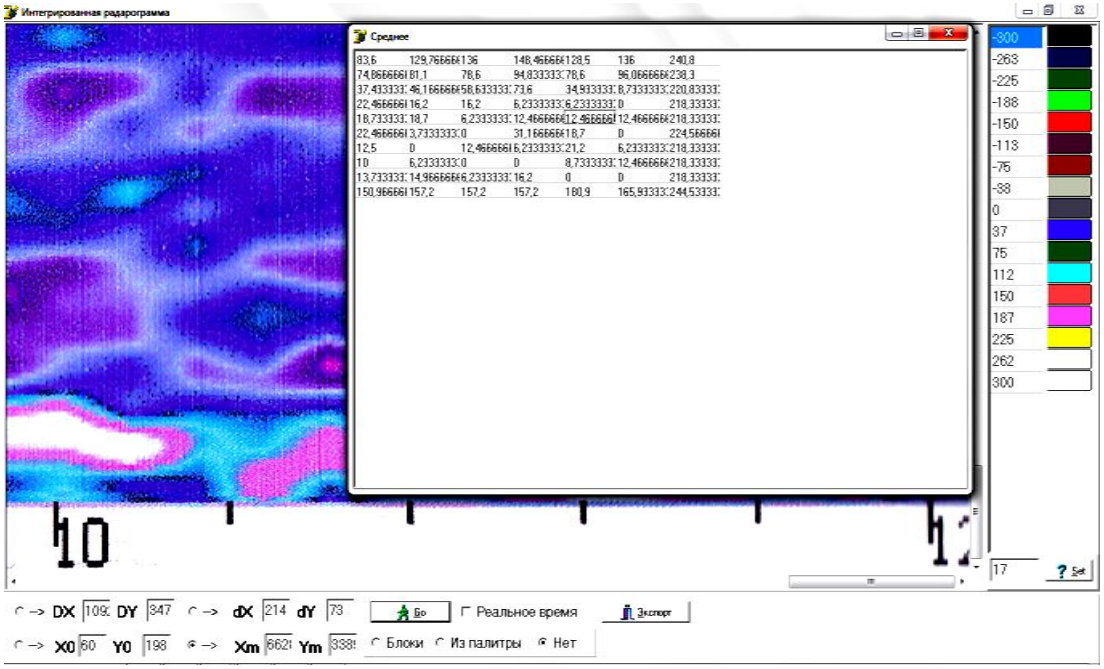


Рис. 3. Интерфейс программы «Построение интегрированных радарограмм георадиолокации»

Интегрированная радарограмма имеет вид, близкий к классическим геоэлектрическим разрезам, что значительно повышает ее информативность.

Список литературы

1. Основы георадиолокации : Курс лекций. – М. : НПУ «Геотех», 2006. – 58 с.

УДК 550.372: 624.131.32

С.М. ПРОСТОВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Е.В. КЛИМОВ, студент
(КузГТУ, г. Кемерово)

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Мониторинг физических процессов в грунтовых массивах оснований горнотехнических сооружений и бортов угольных разрезов целесообразно проводить с использованием георадаров индукционного («Импульс-Д») и локационного («ОКО-2») типов. Для обоснования рационального частотного диапазона георадиолокационного мониторинга покровных четвертичных отложений рассмотрим зависимости глубины зондирования H и разрешающей способности Δ от центральной частоты f геолокатора.

В соответствии с теоретическими представлениями, изложенными в работах [1, 2], часть параметров, входящих в расчетное выражение, могут быть приняты постоянными: излучаемая мощность, число накоплений, эффективная площадь антенны, полоса пропускания. С учетом затухания электромагнитного сигнала в проводящей среде за счет вихревых токов, а также считая температуру массива постоянной, можно приближенно представить зависимость $H(f)$ в виде уравнения

$$H = \frac{K\sqrt{\rho}}{f^{1,5}}, \qquad (1)$$

где K – постоянная, комплексно учитывающая все неизменяемые параметры зондирования.

Для определения постоянной K можно воспользоваться данными, приведенными в работе [2]: при f = 250 МГц и ρ = 500 Ом·м H = 17 м, откуда

$K = 3{,}01 \cdot 10^{12}$ м·Гц^{1,5}·(Ом·м)$^{-0,5}$.

Разрешающая способность определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{3c}{4f\sqrt{\varepsilon}}\ , \qquad (2)$$

где c – скорость света, $3 \cdot 10^8$ м/с;

Средневзвешенные значения УЭС и диэлектрической проницаемости для грунтов Кузбасса следующие (табл. 1) [3]:

$$\rho_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\bar{\rho}_{к} = 46{,}3 \text{ Ом·м}; \qquad \varepsilon_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\bar{\varepsilon} = 11{,}5,$$

где n – количество объектов.

Из физической природы георадиолокации следует, что для повышения информативности следует стремиться к максимальным значениям H и минимальным значениям Δ. В простейшем случае целевая функция может быть выражена следующим образом:

$$F = H + \frac{L}{\Delta}\ , \qquad (3)$$

где L – постоянная, принимаемая в диапазоне L = 3–10 м^2.

Таблица 1 - Электромагнитные параметры ε и ρ грунтов Кузбасса

Объект	ρ_{min}, Ом·м	ρ_{max}, Ом·м	$\bar{\rho}$, Ом·м	ε_{min}	ε_{max}	$\bar{\varepsilon}$
Копер (рудник «Казский»)	39,2	45,6	42,1	6,1	16,6	11,2
Участок ж/д пути (разрез «Краснобродский»)	15,1	37,3	26,3	9,3	25,4	17,1
Обогатительная установка (поле «Вахрушевское»)	22,7	120,2	71,5	4,2	9,7	6,5

Из графической реализации уравнения (3) при средневзвешенных значениях $\rho_{ср}$ и $\varepsilon_{ср}$ следует, что оптимальный диапазон частот георадиолокационного зондирования для грунтов Кузбасса составляет f = 80–240 МГц (рис. 1).

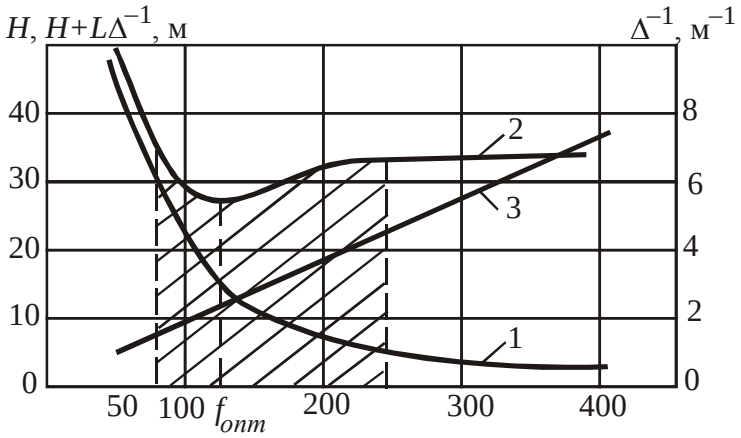


Рис. 1. Определение оптимального диапазона частот при георадиолокации

в условиях Кузбасса:

$1 – H(f)$; $2 – \Delta^{-1}(f)$; $3 – F = H(f) + L\,\Delta^{-1}(f)$

Поскольку реальные измерительные комплексы геолокаторов имеют частотные характеристики антенн, изменяющиеся дискретно, разработан алгоритм программы для ЭВМ (рис. 2), которая позволяет подобрать оптимальный частотный диапазон георадара по имеющимся априорным данным об аномальной зоне.

Процедура подбора оптимальных параметров георадара включает:

– ввод параметров аномальной зоны, H_{min}, H_{max}, R (диапазон глубины и средний радиус), $\bar{\rho}$ принимают по данным бурения и предварительных электрических зондирований, $\bar{\varepsilon}$ задается из справочных материалов [3] для данного вида грунта;

– ввод шага δf центральной частоты, с которым будет осуществляться подбор оптимального частотного диапазона аппаратуры и постоянной K, учитывающей все неизменяемые параметры.

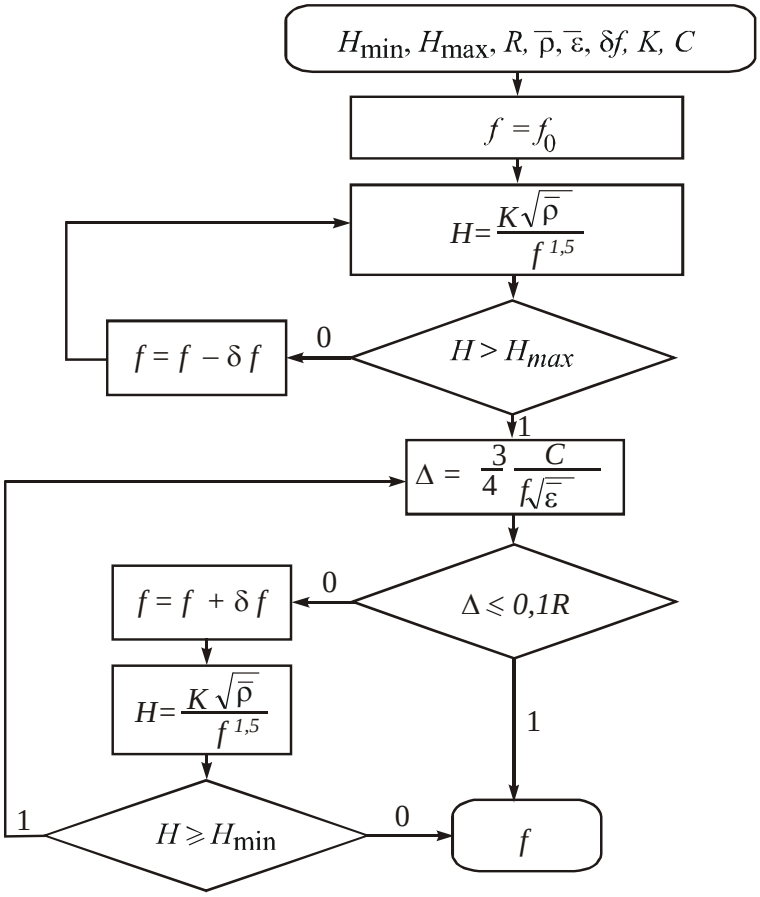


Рис. 2. Алгоритм программы ЭВМ по подбору оптимального частотного диапазона георадиолокатора:

f_0 – начальная частота, определяемая по графикам на рис. 1;

δf – шаг подбора

Программа выполняет циклический подбор центральной частоты *f*, при которой должно выполняться условие $H \geq H_{max}$. На следующем этапе подбора определенная оптимальная центральная частота проходит по другому циклу оптимизации, при котором она должна удовлетворять условию $\Delta \leq 0{,}1\ R$ и $H \geq H_{min}$. На выходе получаем оптимальную частоту для параметров H_{min}, H_{max} и R аномальной зоны, что позволяет корректно выбрать тип аппаратуры для конкретных условий.

Список источников

1. Изюмов, С. В. Теория и методы георадиолокации / С. В. Изюмов, С. В. Дручинин, А. С. Вознесенский. – М. : Изд-во «Горная книга», МГГУ, 2008. – 196 с.
2. Владов, М. Л. Введение в георадиолокацию / М. Л. Владов, А. В. Старовойтов. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 153 с.
3. Основы георадиолокации : Курс лекций / М. : НПЦ «Геотех», 2006. – 58 с.

УДК 624.131.5:622.02

Н.Ю. НИКУЛИН, аспирант
(КузГТУ, г. Кемерово)
С.М. ПРОСТОВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВАНИЯ МАШИННОГО ЗДАНИЯ КЛЕТЬЕВОГО СТВОЛА

Машинное здание ствола ”Клетьевой” Казского рудника построено в середине 60-х годов, капитальный ремонт не проводился. В северо-западной части здания по геодезическим наблюдениям происходит отклонение от вертикали фахверковых колонн. Визуально обнаружена деформация стены. Для предотвращения дальнейшего развития деформационных процессов УКСом ОАО ”Евразруда” было принято решение разработать проект закрепления грунтов основания фундаментов машинного здания, что требует предварительно изучить физико-механические свойства грунтов основания фундамента.

Для решения поставленной задачи были задействованы прямые методы изучения (инженерно-геологические изыскания) и геофизические электропрофилирование (ЭП) и георадиолокация.

Физико-механические свойства грунтов определены в лабораторных условиях и представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства грунтов

№ Скв.	Глубина отбора проб, м	Физико-механические свойства грунтов					
		Природная влажность W, д.е.	Число пластичности Ip, д.е.	Показатель текучести I_L, д.е.	Плотность грунта ρ, г/см^3	Коэффициент пористости e, д.е.	Коэффициент водонасыщения Sr, д.е.
14	5,0	0,07	-	-	1,50	1,00	0,20
	6,0	0,06	-	-	1,50	0,98	0,17
	7,3	0,10	0,06	–0,83	2,10	0,41	0,65
	9,5	0,12	0,06	–0,50	2,20	0,37	0,87
15	6,0	0,23	0,05	0,00	2,11	0,56	1,00
	7,5	0,21	0,06	–0,83	2,04	0,59	0,95
	9,5	0,19	0,06	–1,17	2,00	0,59	0,86

По данным инженерно-геологических изысканий был разработан проект по укреплению грунтов основания фундаментов сооружения.

Для контроля качества закрепительных работ были проведены геофизические изыскания до и после закрепления массива методами ЭП и георадиолокации. Профили для проведения исследований в плане приурочены к линиям размещения инъекторов, так как в качестве заземлений питающих и приемных линий использовались инъекторы.

Георадиолокационное зондирование производилось аппаратурой «ОКО-2» с антенным блоком АБ-150, что позволило произвести зондирование на глубину 15 м. Процедура геоконтроля с помощью использованных методов является наиболее достоверной для определения степени закрепления и получения характеристик грунтов [1]. В настоящее время данные методы хорошо апробированы на десятках объектах.

По результатам электропрофилиронания получены графики эффективного УЭС ρ_k до и после закрепления массива, которые представлены на рис. 1. Среднее значение УЭС по профилю до закрепления составило 42 Ом·м, через сутки после закрепления 29 Ом·м, наблюдаемое резкое снижение УЭС объясняется изменением естественной структуры грунта и увеличением его влажности, дальнейшее наблюдение установило монотонное увеличение эффективного УЭС до 54–57 Ом·м, что с учетом зависимостей между механическими и электрофизическими свойствами грунтов, приведенными в работе [2], соответствует увеличению прочностных параметров закрепленного массива.

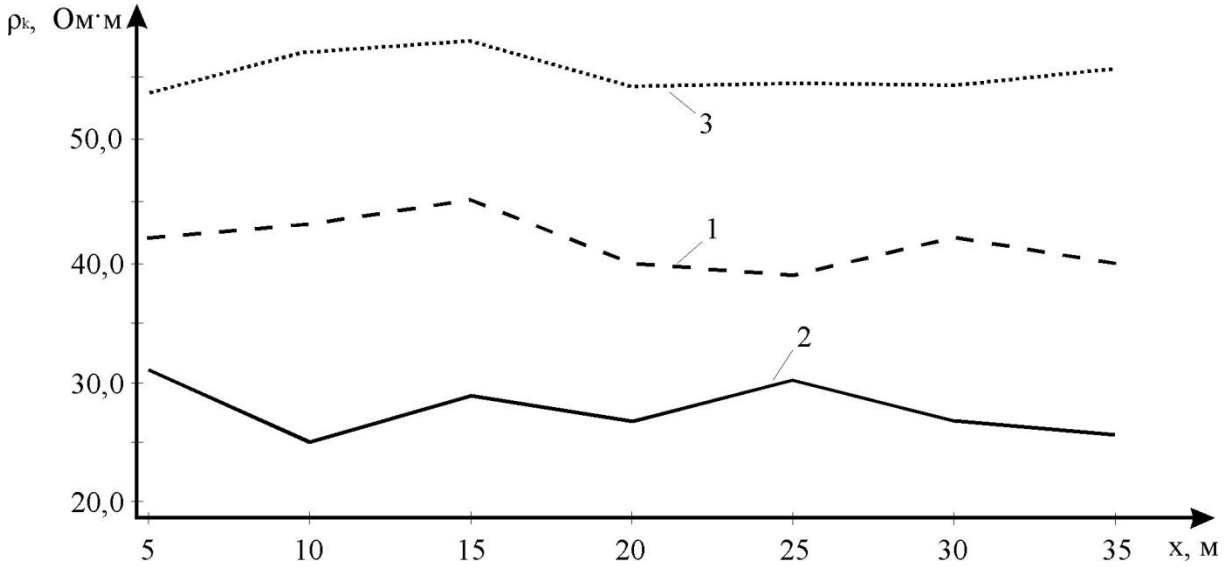


Рис. 1. Графики электропрофилирования на разных стадиях закрепления: 1 – до закрепления; 2 – через сутки после нагнетания раствора; 3 – через 40 дней после закрепления

Электромагнитное сканирование дало возможность выявить распространение укрепляющего раствора по глубине. Радарограмма с выявленной укрепленной зоной представлена на рис. 2.

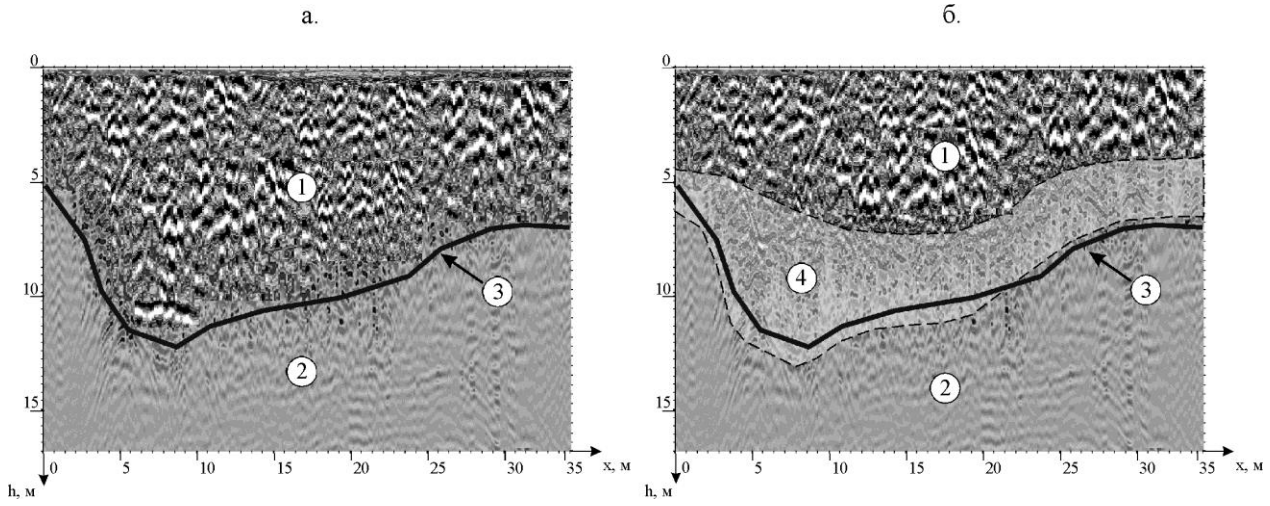


Рис. 2. Характерные радарограммы, до закрепления (а) и после закрепления грунтов (б):
1,2 – геологические элементы; 3 – граница раздела геологических слоев; 4 – закрепленная зона

Полученные результаты показали эффективность использования георадиолокации совместно с методами электрометрии для геоконтроля укрепляемого массива. Данные методы взаимодополнили друг друга. Электромагнитное сканирование позволило оценить качественный характер изменения параметров закрепленной зоны (размеры, границы распространения зоны упрочнения), электропрофилирование - количественные характеристики (электрофизические свойства) укрепленного массива.

Список литературы

1. Простов, С.М. Комплексный мониторинг процессов высоконапорной инъекции грунтов / С.М. Простов, В.А. Хямяляйнен, О.В. Герасимов; РАЕН.- Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2006. – 94 с.

2. Простов, С. М. Электромагнитный геоконтроль процессов укрепления грунтов/ С. М. Простов, О. В. Герасимов, Е. А. Мальцев; РАЕН. – Томск: Изд-во ТГУ, 2007. – 211 с.

662.6/.9, 628.5

Е.Б. РОССТАЛЬНОЙ, канд. техн. наук, зам. д-ра ЗАО «Стройсервис»
(ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КОМПАНИИ «СТРОЙСЕРВИС»

Группа предприятий ЗАО «Стройсервис» – это современный холдинг, демонстрирующий стабильность и уверенные перспективы развития. В сентябре 2012 г. «Стройсервис» занял 61-е место в рейтинге двухсот крупнейших российских непубличных компаний по версии влиятельного делового журнала «Forbes» (в прошлом году – 70-место).

ЗАО «Стройсервис» образовано в 1994 г. В состав группы входят девять промышленных предприятий и пять филиалов. Предприятия расположены в городах Прокопьевск, Киселевск, Белово, Березовский, а также Беловском и Гурьевском районах Кемеровской области, г. Карпинск Свердловской области и г. Губаха Пермского края. Общая численность работников компании составляет 10000 человек.

В корпоративном управлении ЗАО «Стройсервис» находятся пять угледобывающих предприятий: ООО СП «Барзасское товарищество», ОАО разрез «Шестаки», ООО «Разрез Пермяковский», ООО «Разрез Березовский» и ООО «Шахта № 12».

В 2011 г. горняки «Стройсервиса» добыли 6,3 млн. тонн угля, а в 2012 г. объем угледобычи составит более 7 млн. тонн. В стратегических планах компании – к 2015 г. увеличить его до 10 млн. тонн и весь уголь полностью перерабатывать на собственных обогатительных фабриках. Только в развитие обогатительных мощностей в ближайшие годы «Стройсервис» намерен вложить около 8,6 млрд. рублей.

Но так было не всегда. Некоторые из перечисленных выше угольных предприятий, приобретенных в своё время «Стройсервисом», практически «лежали на боку» или работали крайне неэффективно.

К примеру, работники разреза «Шестаки», первого угледобывающего предприятия «Стройсервиса», до сих пор вспоминают, какая здесь в конце 90-х была разруха. Кругом грязь и неухоженность. Люди по промплощадке ходили в болотных сапогах, а старая техника ржавела под заборами. Зарплата месяцами не выплачивалась. По всем направлениям полный упадок. Изменения начались с момента, когда в 2000 г. «Шестаки» вошли в состав «Стройсервиса». Но для того, чтобы реанимировать это предприятие, компании пришлось решить ряд серьезных проблем. Начали с кадрового вопроса. Занялись подбором опытных управленцев и высококвалифицированных специалистов. Затем принялись восстанавливать вышедшее из строя горнотранспортное оборудование и приобретать новую высокопроизводительную технику отечественного и импортного производства.

Сегодня на разрезе «Шестаки» применяют самые эффективные технологии добычи, переработки угля, современную горнотранспортную технику, новейшие методы организации труда и мотивации персонала. Предприятие добывает высококачественный уголь коксующихся и энергетических марок, которые пользуются повышенным спросом в России и за рубежом. Разрез «Шестаки» входит в первую сотню сибирских экспортеров. В 2007 г. на предприятии построена современная обогатительная фабрика, способная перерабатывать 1 млн. тонн угля в год. С ее пуском в эксплуатацию вырос спрос на отгружаемую продукцию за счет появления в ассортименте угольных концентратов коксующихся и энергетических марок. В текущем году разрез оснащен современными горнотранспортными комплексами Комацу и он сразу увеличил свои производственные показатели. В 2012 г. впервые в истории разреза «Шестаки», планируется преодолеть рубеж угледобычи в 1 млн. тонн.

Разрез «Пермяковский» входит в группу предприятий ЗАО «Стройсервис» с 2002 года. На момент его приобретения положение на предприятии мало чем отличалось от разреза «Шестаки». Также пришлось начинать практически с ноля. Кроме приобретения новой техники, в короткие сроки был реконструирован углеперерабатывающий комплекс. В 2008 г. введена в строй погрузка № 2, установлена импортная передвижная

сортировочная установка на гусеничной платформе с производительностью до 400 т/час. Увеличился сортомарочный ассортимент продукции, что позволило расширить рынок сбыта угля как в России, так и за ее пределами. По производительности труда разрез «Пермяковский» входит в первую десятку предприятий Кузбасса по открытой добыче угля. Сегодня проектная мощность разреза – 1 млн. тонн энергетического угля в год. В ближайшие годы она возрастет вдвое. Здесь будет построена и своя обогатительная фабрика.

Разрез «Барзасское товарищество» введен в эксплуатацию в 2006 г. Компания «Стройсервис» построила это предприятие полностью своими силами за полтора года. На разрезе добывается уголь коксующихся и энергетических марок. Проектная мощность предприятия – 1 млн. тонн угля в год. В настоящее время идет модернизация разреза, которая позволит вывести его на проектную мощность по добыче 1,5 млн. тонн угля ежегодно. В техническое перевооружение и развитие «Барзасского товарищества» компания «Стройсервис» вложила более 4,5 млрд. рублей инвестиций. Сейчас на предприятии работает современная горнотранспортная техника. Это мощные гидравлические экскаваторы Хитачи с объемом ковша 15 кубометров, 130-тонные Белазы, японские бульдозеры, американские буровые станки. На разрезе построена сначала первая, а затем вторая очередь обогатительной фабрики. С вводом второй очереди, фабрика увеличила мощности переработки до 1,5 млн. тонн угля в год.

«Шахта № 12» является одним из старейших предприятий Кузбасса. Горные работы по добыче угля на участке недр шахты ведутся с 1917 г. «Шахта № 12» вошла в состав ЗАО «Стройсервис» в 2009 г. Это единственное предприятие в группе, которое ведет добычу угля подземным способом. Проектная мощность «Шахты №12» составляет 1 млн. тонн угля в год. В настоящее время подземная добыча идет на глубине 250–350 м от дневной поверхности в сложных горно-геологических условиях. Из-за отсутствия эффективных и безопасных технологий отработки крутопадающих угольных пластов, сверхкатегорийности по метану и угольной пыли, добыча угля подземным способом на этом предприятии постепенно сворачивается. В связи с этим принято решение интенсивно развивать производственный участок по добыче угля открытым способом. На «Шахте №12» добывается уголь для коксования и нужд энергетики. На предприятии есть своя фабрика по обогащению угля, которая в ближайшей перспективе будет серьезно реконструирована.

Разрез «Березовский» – самое перспективное угледобывающее предприятие компании «Стройсервис». Самостоятельную производственную деятельность начало в 2006 г.

Предприятие в настоящее время ведет работы по вскрыше и добыче каменного угля на 4-х отдельно стоящих друг от друга участках недр: на поле ликвидированной в 1997 г. шахты «Северный Маганак» в черте города Прокопьевска, на участках «Берёзовский – Западный» и «Березовский», расположенных на территории Прокопьевского района, и участке «Березовский Восточный» на границе Прокопьевского и Новокузнецкого районов. Всего ресурсная база запасов угля на разрезе «Березовский» по состоянию на 01.01.2012 г. составляет 128 000 тыс. тонн, из них 62 000 тыс. тонн – коксующиеся угли. Марки угля – Т, ТС, ОС, ОК. С 2008 г. на предприятии осуществляется масштабное техническое перевооружение, позволившее значительно нарастить объемы добычи. Если в 2007 г. на «Березовском» добыча угля составила 629 тыс. тонн угля, то в 2012 г. планируется добыть более 2,5 млн. тонн, а в 2014 г. – 4,0 млн. тонн. Применяемая система отработки угля – транспортная – с использованием экскаваторов типа «механическая лопата» для выемки угля и вскрыши и автомобильного транспорта для перевозки вскрышных пород и полезного ископаемого.

Для производства работ в настоящее время на участках используется следующее горное и транспортное оборудование:

- для подготовки вскрышных пород буровзрывным способом – буровые станки Atlas Copco производства США: DML-1200, T4BH;
- для производства вскрышных работ и выемки полезного ископаемого – экскаваторы ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, LIEBHERR-994 (ковш 13,5 м^3), LIEBHERR-984 (ковш 7,0 м^3), Hitachi EX 2500 (ковш 15 м^3), Komatsu PC 1250 (ковш 7,0 м^3) и Volvo EC 460, на вскрышных работах по бестранспортной технологии – драглайны ЭШ 10/70 и ЭШ 6/45;
- для перевозки вскрышных пород на отвал и угля на склад – автосамосвалы БелАЗ-7555В грузоподъемностью 55 тонн, БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 тонн, БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 тонн.

На приемке вскрышных пород и угля используется тяжелая и легкая бульдозерная техника – бульдозеры Б-10, Т 25.01, Т-35, Komatsu 155, 275, 375, колесный бульдозер WD-600, на строительстве и ремонте автодорог используются грейдера ДЗ-98 и John Deere. Затраты на приобретение новой техники и оборудования в 2011 г. составили 2,6 млрд. рублей. В 2012 г. они составят уже 3,0 млрд. рублей на приобретение горнотранспортной техники высокой производительности.

В 2012 г. в основном завершено строительство 20 объектов новой промышленной площадки разреза «Березовский», в том числе обогатительной фабрики «Матюшинская» и других объектов производственного, транспортного, обслуживающего и вспомогательного назначения с целью создания цикла производства от выемки рядового угля

на горных участках и его обогащения, до отгрузки концентрата железнодорожными п/вагонами с собственной ж.д. станции.

Обогатительная фабрика «Матюшинская», проектной мощностью 4,5 млн. тонн угля в год, отличается современными технологическими решениями, высокой экологической безопасностью, низкой трудоемкостью строительства и стала самой крупной в группе предприятий компании «Стройсервис».

Технологическая схема фабрики уникальна, поскольку в ней успешно решена задача последовательного обогащения трех групп углей с различной категорией обогатимости: коксующихся углей марок КС и ОС, энергетического угля марки Т, при этом имеется возможность рассева по сортам, раздельное складирование и отгрузка обогащенных углей. Транспортная система фабрики, состоящая из 28 ленточных конвейеров общей протяженностью свыше 2900 м, позволяет не только доставлять уголь на переработку, но и производить помарочную отгрузку по двум ж/д путям с общей производительностью 2000 тонн в час.

На фабрике установлено как российское, так и зарубежное оборудование в таком сочетании, которое позволило создать высокопроизводительный комплекс, с глубиной обогащения до «0» и минимальным влиянием на окружающую природную среду (отсутствует термическая сушка и гидроотвалы). В строительство обогатительной фабрики вложено 3,7 млрд. рублей, из них затраты на оборудование составляют порядка 1,4 млрд. руб. А общие капиталовложения ЗАО «Стройсервис» в строительство объектов новой промышленной площадки разреза «Березовский» и приобретение для него современной горнотранспортной техники в 2011–2012 гг. оцениваются в 12,5 млрд. рублей.

УДК 622.235(088.8): 519.21

Д.Ю. СИРОТА, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, Кемерово)
Л.А. БЕЛИНА, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, Кемерово)
В.В. ИВАНОВ, профессор, д.т.н.
(КузГТУ, Кемерово)

КИНЕТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ РАЗРУШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Исследованию процессов разрушение и трещинообразования посвящено большое количество работ, результатом которых послужило появление следующих базовых теоретических моделей: модель упругой отдачи H. F. Reid'a [1], энергетическая модель сейсмического режима Ю. В. Ризниченко [2]; модель лавинно-неустойчивого трещинообразования Б. В. Кострова, В. И. Мячкина, Г. А. Соболева, О. Г. Шаминой [3]; кинетическая концепция прочности С. Н. Журкова, В. С. Куксенко, В. А. Петрова [4]; дилатантно-диффузионная модель D. L. Anderson'a, C. H. Scholz'a [5]; модель с неоднородностью или консолидированным включением И. П. Добровольского [6]; P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld предложили модель, основанную на концепции самоорганизующейся критичности [7].

Наиболее широкое применение и развитие получила кинетическая концепция прочности С. Н. Журкова, которая подразделяет процесс разрушения на две стадии: хаотического некоррелированного образования микротрещин и образование магистральной трещины разрыва.

Переход от первой стадии ко второй осуществляется при выполнении «концентрационного критерия разрушения (укрупнения трещин)» [4]

(1) $$K = l^{-1} \cdot n^{-1/3},$$

где n – средняя концентрация микротрещин, м$^{-3}$; l – средний линейный размер микротрещин, м; $K \approx 3$ – среднее расстояние между трещинами в образце единичного объема в долях их среднего размера l.

Продолжительность первой стадии определяется из соотношения

(2) $$\tau = \tau_0 \exp\left([U_0 - \gamma\sigma_p]/kT\right),$$

где $\tau_0 \approx 10^{-13}$ – период тепловых атомных колебаний около положения равновесия, с; γ – активационный объем, м^3; U_0 – энергия активации разрушения, Дж; k – постоянная Больцмана, Дж/^{0}К; T – абсолютная температура пород, ^{0}К; σ_p – среднее внешнее напряжение на образец, Па.

В работе [8] авторы сформулировали кинетическую модель накопления микротрещин, которая учитывает уравнения (1), скорость трещинообразования и условие необратимости разрушения Бейли (3)

$$N^{/}(t) = N^{*}/\tau\,,\ \int_0^{\tau} N^{/}dt = N^{*}\,, \tag{3}$$

где N^{*} – критическое количество трещин, которое накапливается в образце к моменту его разрушения и позволяет описать накопление повреждений структуры при произвольной зависимости действующих напряжений и температуры от времени.

Из уравнений (3) при условии линейного роста напряжений можно получить следующее уравнения для количества микротрещин

$$N(t) = \frac{N^{*}}{\tau_0 \sigma^{/}} \cdot \exp(-\beta) \cdot \frac{\exp(\alpha \cdot \sigma) - 1}{\alpha}\,, \tag{4}$$

где $\alpha = \gamma / kT$, $\beta = U_0 / kT$.

Применяя метод наименьших квадратов, получим следующие уравнения для определения коэффициентов α и β:

$$\begin{aligned} &\sum_i \left\{ \left[\ln N_i - \ln\left(\frac{\exp(\alpha \cdot \sigma_i) - 1}{\alpha} \right) \right] \cdot \left[\frac{\exp(\alpha \cdot \sigma_i)(\alpha \cdot \sigma_i - 1) + 1}{\alpha \cdot (1 - \exp(\alpha \cdot \sigma_i))} \right] \right\} - \\ &- \frac{1}{n} \sum_i \left[\ln N_i - \ln\left(\frac{\exp(\alpha \cdot \sigma_i) - 1}{\alpha} \right) \right] \times \sum_i \left[\frac{\exp(\alpha \cdot \sigma_i)(\alpha \cdot \sigma_i - 1) + 1}{\alpha \cdot (1 - \exp(\alpha \cdot \sigma_i))} \right] = 0 \end{aligned} \tag{5}$$

и

$$\beta = \ln\left(\frac{N^{*}}{\tau_0 \sigma^{/}} \right) - \frac{1}{n} \sum \left[\ln N_i - \ln\left(\frac{\exp(\alpha \cdot \sigma_i) - 1}{\alpha} \right) \right]. \tag{6}$$

В работе [9] произведены лабораторные испытания по исследованию кинетики разрушения некоторых горных пород: порфирит, мрамор, кварцевый диорит, известняк. Приведём кривые зависимостей количества импульсов ЭМИ в зависимости от напряжения в образце.

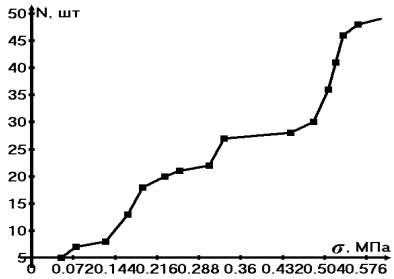


Рис. 1. Кривая $N(\sigma)$ для известняка вида 3

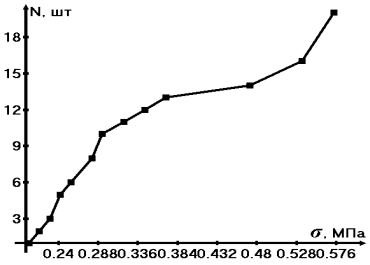


Рис. 2. Кривая $N(\sigma)$ для известняка вида 10

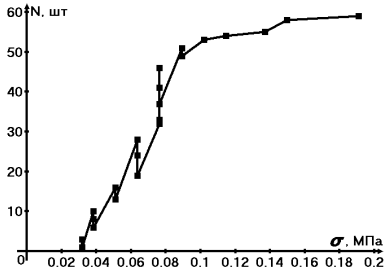


Рис. 3. Кривая $N(\sigma)$ для роговика вида 14

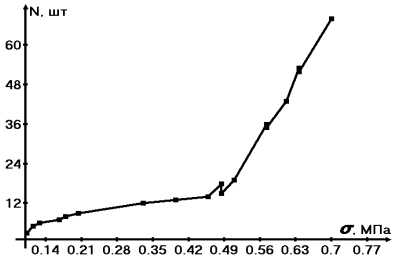


Рис. 4. Кривая $N(\sigma)$ для кварц. диорита вида 6

Результаты расчётов энергии активации U_0 и активационного объёма γ приведены в таблице.

Таблица - Расчётные значения U_0 и γ

Вид горной породы	U_0, 10^{-19}	γ, 10^{-27}	R^2
Известняк 3	1,325	5,721	0,942
Известняк 10	1,467	3,783	0,837
Роговик 14	1,521	4,583	0,816
Роговик 15	1,553	3,954	0,824
Кварц. диор. 4	1,656	2,198	0,963
Кварц. диор. 5.	1,503	6,435	0,891

Список литературы

1. Reid, H. F. The California earthquake of April 18 1906, v. 2. The mechanics of the earthquake [Text] / H.F. Reid, –The CIW, 1910.

2. Ризниченко, Ю. В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды [Текст]./ Ю. В. Ризниченко. – М.: Наука, 1985, – 408 с. // – с. 9 –27.

3. Мячкин, В. И. Основы физики очага и предвестники землетрясения [Текст] / В. И. Мячкин, Б. В. Костров, Г. А. Соболев, О. Г. Шамина // Физика очага землетрясений – М.: Наука. – 1975. – с. 104 – 117.

4. Куксенко, В. С. Модель перехода от микро- к макроразрушению твердых тел [Текст] / В. С. Куксенко // Сб. «Физика прочности и пластичности». – Л.: Наука. – 1986. – с. 36 – 41.

5. Scholz, C. H. The Mechanics of Earthquakes and Faulting [Text] / C. H. Scholz. – Cambridge University Press, 2002. – 471 p.

6. Добровольский, И. П. Теория подготовки тектонического землетрясения [Текст] / И. П. Добровольский. – М.: ИФЗ АН СССР, 1991. – 217 с.

7. Bak, P. Self-organized criticality: An explanation of 1/f noise [Text] / P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld// Phys. Rev. Lett. 1987 № 59, – pp. 381 – 384.

8. Иванов В.В. Статистическая теория эмиссионных процессов в нагруженных структурно-неоднородных горных породах и задача

прогнозирования динамических явлений/ В. В. Иванов, П. В. Егоров А. Г. Пимонов// ФТПРПИ – 1990. – Вып. 187/34. – с. 32 –35.

9. Егоров, П. В. Исследование разрушения твердых тел методом регистрации импульсного электромагнитного излучения / П. В. Егоров [и др]. – Кемерово, Кузбассвузиздат, – 201 с.

УДК 622.411.332; 622.411.333

В.Г. СМИРНОВ, ст. препод.
(Горный институт КузГТУ, г. Кемерово)
В.В. ДЫРДИН, профессор, д-р техн. наук
(Горный институт КузГТУ, г. Кемерово)

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МЕТАНА В УГОЛЬНОЙ МАТРИЦЕ

При подземной разработке угольных пластов, выделение угольным массивом метана может быть существенным фактором, влияющим на безопасность и скорость ведения горных работ. Метан делает взрывоопасной рудничную атмосферу, высокое давление метана в призабойном массиве значительно увеличивает вероятность внезапных выбросов угля и газа. С другой стороны, метан является ценным природным ископаемым, используемым в качестве энергетического и химического сырья. В настоящее время разрабатываются способы промышленной добычи метана из угольных пластов.

Формы и количества метана, находящегося в угольных пластах, являются предметом изучения на протяжении всей истории горного дела. Экспериментальные и теоретические исследования позволили сформировать подробную картину в данном вопросе. Однако существует целый ряд явлений, которые не могут быть полностью объяснены в рамках существующих моделей. В частности, это аномально высокое газовыделение [1] при внезапных выбросах и сам механизм внезапных выбросов.

В работе [2] приводятся сведения о случаях высокой газоотдачи угольного массива при ведении горных работ, доходящего до (100÷200) м^3 на тонну угля. При расчете газового баланса трех внезапных выбросов, произошедших на ш.Северная в Кузбассе [3], показано, что только 25-50% общего объема выброшенного газа можно связать со свободным и сорбированным газом, а 50-75% выброшенного метана находятся в формах, которые не проявляют себя при нормальных условиях. Авторы [3] объясняют данную аномалию клатратной формой нахождения метана в угольной матрице с образованием газогидратов с участием молекул воды.

Академик НАН Украины Алексеев [4] также говорит о том, что две трети метана находятся в связанных формах, изолированных от сорбционного объема, объясняя этот факт наличием существенного объема закрытых пор. В абсолютных цифрах это от 25 до 70 м^3 метана на тонну угля.

Учитывая химическую инертность метана при температуре угольного массива, а также то, что при внезапных выбросах газ выделяется после механического воздействия, можно не рассматривать гипотезу о сильной химической связи молекул метана с угольной матрицей. Силы, удерживающие метан в связанном состоянии, являются силами Ван-дер-Ваальса, описывающими взаимодействие между молекулами без изменения их структуры. Благодаря таким взаимодействиям существуют клатратные соединения по типу включения, в которых молекула гостя размещается в полостях каркаса состоящего из молекул хозяина.

Наиболее хорошо изученными [5] являются газогидраты – клатратные соединения молекул газа и воды, в которых на одну молекулу гостя приходится примерно 6 молекул воды, т.е. один объем жидкой воды может связывать 160-180 объемов газообразного метана, пересчитанного на нормальные условия. Внезапные выбросы происходят в пластах с влажностью порядка 2%, т.е. каждая тонна угля содержит около 20 литров воды, которая может связать примерно 3 м^3 метана, что существенно меньше объема, который мы хотели бы обнаружить.

Угольная матрица, являясь углеродным полимером сложного состава, состоит из макромолекул, центр которых похож на структуру графита, на край макромолекулы вытесняются различные функциональные группы углерода, создающие молекулярную «бахрому». Характерный элементный состав органической части каменного угля можно принять как 80% углерода, 10% кислорода 5% азота и 5% водорода. Структура бахромы является нерегулярной, можно предположить, что внутри нее образуются полости, размеры которых позволяют находиться там молекулам метана в стабилизированном состоянии.

Для оценки максимально возможного количества полостей (если бы их структура была регулярной) предположим, что в создании бахромы участвует столько же атомов углерода, сколько атомов азота и кислорода. От органической массы угля доля бахромы порядка $\eta = 0{,}3$ (зависит от степени метаморфизма), $M = 0.014 кг/моль$ - средняя молярная масса. Если предположить, что данная структура может быть клатратным каркасом, так что одна молекула метана связывается в среднем с восьмью молекулами структуры бахромы (N=8), то количество молей метана *v*, которые может связать единица органической массы угля, определится следующим выражением: $v = \frac{\eta}{M \cdot N} = 2.8 моль$, что эквивалентно 60 м^3

метана на тонну угля. С учетом нерегулярности структуры бахромы полученная оценка может оказаться завышенной.

Для формулирования второго предположения о форме нахождения молекул метана в угольной матрице, рассмотрим полости, которые образуются в графитоподобной сердцевине макромолекул. Графит представляет собой слоистую структуру [6], внутри каждого молекулярного слоя атомы расположены в углах правильных шестиугольников на расстоянии $a = 142 пм$ (диагональ шестиугольника равна 284пм), слои находятся на достаточно большом расстоянии $b = 335 пм$ друг от друга. На рисунке 1 несколько ячеек, образованных двумя шестиугольниками и шестью четырехугольниками. Расстояние от геометрического центра ячейки до каждого атома одинаково и равно $r = \sqrt{a^2 + (b/2)^2} = 220 пм$, т.е. диаметр образующейся полости 440пм. Эффективный размер молекулы метана [1] $d = 414 пм$.

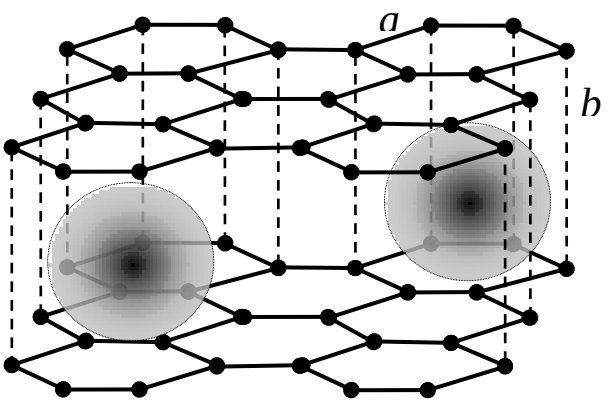


Рис. 1. Схема соединений включения. a, b – межатомные связи, точками обозначены узлы решетки, кружками – молекула метана.

Бензольная связь является сильной и плотной, т.е. кольцо полностью заполнено электронами шести атомов углерода, и практически не деформируется. Связи между плоскостями являются слабыми, и при попадании между плоскостями гостевой молекулы плоскости бензольных колец могут раздвигаться. Так формируется еще один вид клатратных соединений, - интеркаляционые соединения, - соединения включения, при которых в межплоскостное пространство кристаллической решетки вещества-хозяина размещаются гостевые молекулы, не разрушая кристаллической решетки, только деформируя ее.

Для графита известны соединения у которых в межплоскостное пространство вводятся большие молекулы HNO_3 и H_2SO_4 [7]. При этом существенно, (в полтора раза) увеличивается расстояние между плоскостями бензольных колец. Изменяются макроскопические свойства материала, например его прочность. При тепловом ударе гостевые молекулы могут закипать в межплоскостном пространстве[7], разрывая изнутри графит на слои. Искусственно созданные интеркаляционные соединения используют для получения вспененного графита и тонких графитовых пленок.

Можно предположить, что гостевые молекулы метана могут размещаться между атомарными слоями углерода. Раздвиганию слоев сопутствует дефекты структуры, а также повышенные температуры (100˚С), которые могли существовать в отдельные геологические периоды. Логично положить, что в раздвинутый слой, занятый несколькими молекулами метана следующие молекулы входят легче. И, наоборот, с началом исхода гостевых молекул на остающиеся молекулы действуют увеличивающиеся силы со стороны деформированных связей молекул каркаса. Т.е. вполне возможен лавинообразный переход метана в газообразное состояние. Такой механизм на молекулярном уровне, возможно, является причиной развязывания внезапных выбросов угля и газа. Учитывая сильную деформацию межплоскостных связей, можно предположить, что на стабильность подобных соединений влияет механическое объемное сжатие, и при снятии напряжений возможен разрыв угольной матрицы метаном. Если размер кристаллита не очень большой, то межплоскостного разрыва не происходит, метан выделяется по периметру слоев.

Для того чтобы оценить содержание метана в интеркаляционной форме примем, для бесконечной структуры, что на каждые три бензольных кольца помещается одна молекула метана. С учетом кратности, каждое бензольное кольцо сформировано двумя молекулами углерода. Таким образом, если реализуется данный механизм, на одну молекулу гостя приходится N=6 молекул хозяина. Положим, что $\eta = 0{,}3$ - доля углерода, сосредоточеного в графитоподобном центре, (оставшиеся 35% в переходных областях). Тогда, на единицу органической массы угля, количество метана в форме интеркаляционного соединения будет равно $v = \frac{\eta}{M \cdot N} = 4.17 моль$, что эквивалентно 90 м^3 метана на тонну угля. Эта величина увеличивается с увеличение степени метаморфизма.

В заключение можно сказать, что в угольном массиве метан, предположительно, находится в клатратной форме не только в виде газовых гидратов, но и в виде соединений включения в угольную матрицу. Молекулы метана связанны силами Ван-дер-Ваальса с молекулами функциональных групп, либо заключены в графитоподобную сердцевину угольных макромолекул. Детальное изучение описанных форм нахождения метана в угольной матрице позволит точнее рассчитывать метаноотдачу пласта, предсказывать газодинамические явления, внезапные выбросы угля и газа. Термодинамические свойства твердого раствора метана определят наиболее эффективные способы дегазации угольных пластов и добычи метана из угольного массива.

Список литературы

1. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. – М.: Госгортехиздат, 1961г. – 363с.
2. Эттингер И.Л. Газоемкость ископаемых углей. – М.: Недра, 1966г. – 224с.
3. Шепелева С.А., Дырдин В.В. О возможности участия кристаллогидратов метана во внезапных выбросах угля и газа. //Вестник ВостНИИ. – 2010. - №1. – с. 156-159.
4. Алексеев А.Д. Метан угольных пластов. Формы нахождения и проблемы извлечения. / А.Д. Алексеев // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. — Вып. 87. — С. 10-15.
5. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. М.: Недра, 1974. – 208 с.
6. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для Вузов/ под ред. А.И. Ермакова. – изд. 30-е, испр. – М.: Интерграл-Пресс, 2006г. -728с.
7. Сорокина Н.Е. Интеркалированные соединения графита акцепторного типа и новые углеродные материалы на его основе. //Н.Е. Сорокина, И.В.Никольская, С.Г. Ионов, В.В. Авдеев. – Известия академии наук. Серия Химическая. 2005г том 8. с. 1-18.

УДК 551.4: 911.6

Ю.А.ФАДЕЕВ, профессор, д.ф.-м.н.
(КузГТУ, г.Кемерово)

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН НА ГРАЖДАНСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

Кузбасс является чрезвычайно насыщенным промышленным регионом. Основными отраслями промышленности являются горная и металлургическая. Исторически сложилось так, что гражданское строительство велось в непосредственной близости от промышленных объектов (шахт, карьеров, обогатительных фабрик, металлургических заводов и химических производств). Если на первых этапах развития промышленности региона такой подход в строительстве был экономически выгодным вследствие небольших затрат на доставку рабочей силы, незначительных затрат на коммуникационное обеспечение жилых помещений и т.д., то по мере увеличения плотности промышленных объектов возникли трудности. Эти трудности были связанны в первую очередь, как с переселением жителей Кузбасса из промышленных зон из-за плохой экологической обстановки, так из-за необходимости расширения промышленных площадок, отведение новых земель при освоении новых месторождений полезных ископаемых, в частности, создании карьеров для добычи каменного угля открытым способом. Вскрышные работы, как известно, сопровождаются промышленными взрывами, которые могут порождать упругие поверхностные волны. Поверхностные волны релеевского типа представляют собой достаточно устойчивую часть волнового поля, которое может быть создано техногенным источником.

Волны Релея, генерируемые промышленным взрывом, распространяются по поверхности и при этом не проникают на большую глубину. Влияние таких волн и их воздействие на гражданские, промышленные объекты зависит от многих факторов. Хорошо известно, что динамическое воздействие волн существенно может усилиться в случае проявления резонансных эффектов.

В данной работе предпринята попытка рассмотрения воздействие поверхностных волн на идентичные объекты с использованием модели связанных осцилляторов на упругой мембране. Благодаря упругим свойствам мембраны любые два объекта на поверхности рассматривались как связанные осцилляторы.

Уравнение колебаний мембраны имеет вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + f\,(x, y, t)$$

где: u – координаты точек мембраны, f – вынуждающая сила, a – коэффициент жесткости мембраны

Описание колебания молекул и узлов мембраны проводится с помощью уравнений Лагранжа

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_s^2} + \frac{\partial V}{\partial x_s} = 0, \quad s = 1,2$$

или

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + k_1 x_1 + k_3(x_1 - x_2) = 0 \\ m_2\ddot{x}_2 + k_2 x_2 - k_3(x_1 - x_2) = 0 \end{cases}$$

При этом потенциальная и кинетическая энергия системы задается выражениями:

$$\begin{cases} T = \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 \\ V = \frac{1}{2} k_1 x_1^2 + \frac{1}{2} k_2 x_2^2 + \frac{1}{2} k_3 (x_1 - x_2)^2 \end{cases} \quad)$$

где x1 – координата объекта на мембране, x2 – координата узла мембраны, m1 – масса объекта, m2 – масса узла мембраны, ki – жесткость соответствующей пружины.

Для решения дифференциальных уравнений колебаний мембраны и колебаний связанных осцилляторов проводится численно с помощью метода сеток. Колебания мембраны рассчитываются по формуле

$$U_{i,j,k+1} = t^2\left(\frac{U_{i-1,j,k} + U_{i+1,j,k} + U_{i,j-1,k} + U_{i,j+1,k} - 4U_{i,j,k}}{h^2}a^2 + F_{i,j,k}\right) + 2U_{i,j,k} - U_{i,j,k-1}$$

где Ui,j,k – дискретное выражение координат точек мембраны, узел (i,j,k) соответствует точке (x,y,z), h – шаг дискретизации.

Колебания связанных осцилляторов рассчитываются по формулам:

$$\begin{cases} X^1_{i+1} = \dfrac{-m_1X^1_{i-1} + 2m_1X^1_i - k_1X^1_ih^2 - k_3X^1_ih^2 + k_3X^2_ih^2}{m_1} \\ X^2_{i+1} = -\dfrac{m_2X^2_{i-1} - 2m_2X^2_i + k_2X^2_ih^2 - k_3X^1_ih^2 + k_3X^2_ih^2}{m_2} \end{cases}$$

Результаты моделирования представлены трехмерным массивом, значения элементов которого определяют аппликаты точек мембраны с течением времени. Отсюда видно, что в случае распространения волн Релея наиболее уязвимыми будут идентичные объекты в узлах сетки на поверхности.

Результаты моделирования распространения упругих волн и их влияние на осцилляторы представлены на рис.

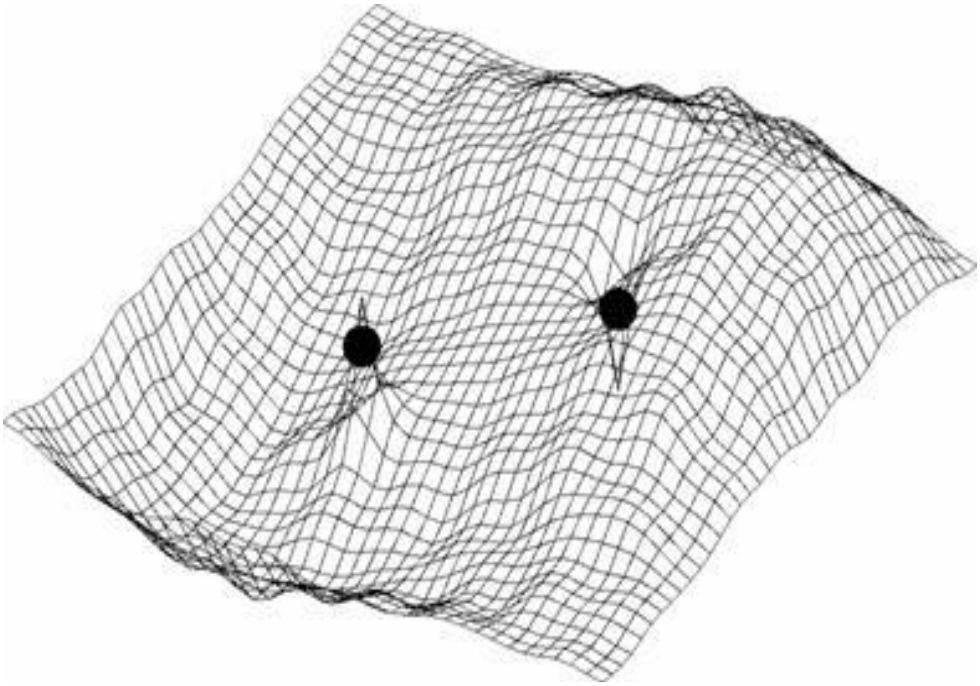


Рис. - Результаты моделирования распространения упругих волн и их влияние на осцилляторы

УДК 622.257.1

В.А. ХЯМЯЛЯЙНЕН, д.т.н., проф., зав. кафедрой теоретической и геотехнической механики
(КузГТУ, г. Кемерово)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНОГО ИНЖЕНЕРА-ФИЗИКА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

Одной из проблем освоения природных ресурсов Сибири является развитие ее интеллектуальных ресурсов, включающих в себя наличие высококвалифицированных инженерных кадров, кадров высшей квалификации и научно-педагогических кадров, представленных в различных производственных, научно-исследовательских и проектных, а также образовательных организациях горного направления различного уровня. Решению этой проблемы должен способствовать переход высшего образования с 2011 г. на новые Федеральные государственные образовательные стандарты ФГОС (стандарты 3-го поколения), отличительной чертой которых является компетентных подход к системе получения знаний обучающимися и укрупнение специальностей. В отличие от основного перехода системы высшего образования на двухуровневую систему (бакалавр + магистр) сохранилась прямая подготовка горного инженера с присвоением квалификации «Специалиста» и сроком обучения 5,5 лет. ФГОСом предусмотрены 2 специальности: «Горное дело» с 12 специализациями и «Физические процессы горного или нефтегазового производства» с 3 специализациями. Учитывая направленность заявленной на конференции настоящей секции остановимся несколько подробнее на второй отмеченной специальности.

Специальность «Физические процессы горного или нефтегазового производства» была предложена академиком В. В. Ржевским для разработки новых прорывных технологий в области горного дела, основанных на углубленных знаниях физических процессов, происходящих в массивах горных пород при освоении минеральных ресурсов. Образно говоря, место горного инженера-физика там, где обычному горному инженеру плохо и добыча полезного ископаемого сопряжена с проблемами геодинамических явлений различного характера (повышенное горное давление, внезапные выбросы угля и газа, горные удары, естественные сейсмические события, значительные водопритоки, пожары, значительная газоносность угольных пластов, неустойчивость естественных и техногенных массивов горных пород и т.д.), решение

которых требует разработку специальных мероприятий. Изначально срок обучения так же как и сейчас составлял 5,5 лет. Предполагается, что это штучное производство, не требующее массовой подготовки инженеров для горных предприятий. На горном предприятии по подземной, открытой добыче или подземному строительству достаточно иметь 1–2 специалиста по указанной специальности. Естественно горные инженеры-физики востребованы и в новой зарождающейся в Кузбассе отрасли – «Добыча метана из нетронутых угольных пластов». Запрещена заочная подготовка горных инженеров данной специальности.

В России подготовку горных инженеров-физиков по указанной специальности ведут 6 вузов: 3 – в Москве, 1 – в Перми, 1 – в Мурманске и в Кемерове – КузГТУ. ФГОСом предусмотрены 3 специализации: «Физические процессы горного производства», «Физические процессы нефтегазового производства» и «Горная геофизика, неразрушающий контроль и мониторинг в горном деле». В КузГТУ подготовка горных инженеров со специализацией «Физические процессы горного производства» начата с 2000 г. на базе кафедры теоретической и геотехнической механики. Традиционно ежегодно набирается одна группа. Сделано 7 выпусков. Диаграмма распределения выпускников по годам представлена на рис. 1. Место работы выпускников: угольные шахты и разрезы Кузбасса, шахтостроительные организации, организации по проектированию угольных предприятий, институты СО РАН, научно-производственные центры различной направленности и вузы.

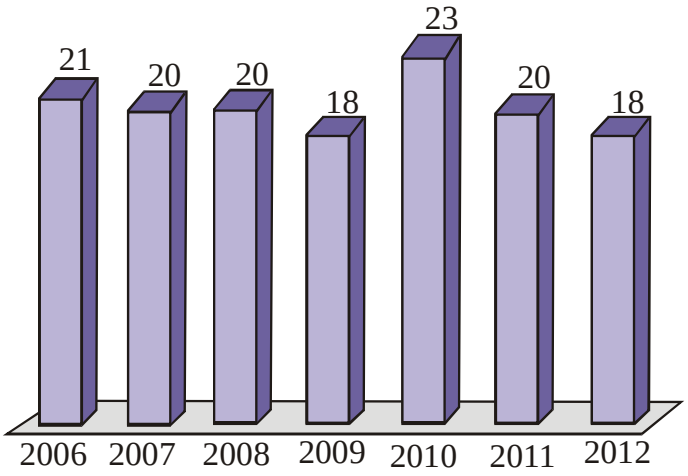


Рис. 1. Диаграмма распределения выпускников по годам

Кафедра ТиГМ принимала участие в разработкеФГОСа по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового дела». По ее инициативе в специализацию «Физические процессы горного производства» внесен ряд дисциплин и двух других специализаций, позволяющих готовить специалистов и для газовой – метанодобывающей отрасли: «Основы нефтегазового дела», «Сооружение газовых скважин», «Геофизические исследования в скважинах», «Методы интенсификации газоотдачи угольных пластов», «Эксплуатация газовых скважин», «Горная геофизика», «Подземная гидро-газодинамика», «Физико-технический

контроль и мониторинг процессов горного производства». Отличительной чертой рабочего учебного плана специализации является наличие в ней ряда фундаментальных дисциплин по механике твердых и жидких тел, как основы и составляющей любого процесса горного производства. Естественно, для освоения предложенной основной образовательной программы (ООП) от обучающихся требуется достаточно высокая школьная физико-математическая подготовка, что в реальной действительности оставляет желать много лучшего. Несмотря на то, что проходной балл ЕГЭ при последнем наборе студентов несколько повысился и составил 178, уровень физико-математической подготовки абитуриентов может быть даже снизился.

Одной из составляющей качественной подготовки горных инженеров-физиков является привлечение их к научной работе. Для этого на выпускающей кафедре ТиГМ есть достаточно большие возможности. На базе кафедры создан и функционирует научно-образовательный геотехнический инновационный центр (ГИЦ КузГТУ), аккумулирующий основную научную деятельность преподавателей, аспирантов, докторантов, соискателей кафедры и студентов специальности ФП. основные научные направления кафедры:

– механика разрушения горных пород с целью прогноза сейсмических и других геодинамических явлений;

– механика и технология инъекционного уплотнения горных пород с целью создания противофильтрационных завес и упрочнения нарушенных массивов горных пород;

– геофизический контроль состояния природных и техногенных массивов горных пород при ведении открытых горных работ;

– механика и технология водоугольного топлива с целью утилизации угольных шламов и отходов углеобогащения.

Результаты научных исследований используются студентами при написании дипломных и курсовых работ. 75 % защищаемых студентами выпускных квалификационных работ представляют собой дипломные работы с элементами исследований. Результаты своих исследований студенты регулярно представляют на различных конференциях, конкурсах, выставках и публикуют в различных изданиях. При кафедре функционирует аспирантура и докторантура по трем научным специальностям наук о Земле: 25.0016, 25.00.20 и 25.00.22 со специализациями в направлении физических процессов горного производства. Защищено 7 докторских и 23 кандидатских диссертаций. Защита докторских и кандидатских диссертаций по годам представлена в виде диаграммы на рис. 2.

Основной объем научных исследований выполняется по выигранным конкурсам ФЦП Минобрнауки, грантам Администрации

Кемеровской области и незначительная часть по прямым хозяйственным договорам с промышленными предприятиями.

Основные проблемы и перспективы повышения качества подготовки горных инженеров-физиков и специалистов высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) и их востребованность на наш взгляд заключается в недостаточности материальных ресурсов для оснащения лабораторий современным оборудованием, недостаточной информируемости работодателей о результатах подготовки кадров и научных исследований по направлениям физических процессов горного производства, усилении связей с промышленными и академическими научными подразделениями.

Рис. 2. Защита докторских и кандидатских диссертаций по годам

УДК 622.241.54:539.3

Н.В. ЧЕРДАНЦЕВ, д-р техн. наук
(Институт угля СО РАН, г. Кемерово)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В последние 20 лет за счёт интенсивного мирового энергопотребления изменились параметры технологии разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых, в частности, угольных месторождений, имеющих, как известно, пластовую структуру. При этом значительно увеличились размеры выемочных полей, выросли длины лав и

соответственно скорости движения очистных забоев. Сечение подготовительных и капитальных выработок стали в два с лишним раза больше.

Все эти показатели привели к значительному изменению проявлений горного давления в выработках. В этой связи остро встаёт проблема количественной оценки геомеханической обстановки массива при ведении горных работ, в ходе решения которой производится обоснование типа крепи, в том числе и анкерной, выработок и выбор рациональных технологических схем отработки угольного месторождения. Одно из направлений геомеханической оценки состояния приконтурного массива в окрестности как закреплённых, так и не закреплённых выработок состоит в физико-математическом моделировании геомеханического состояния вмещающего массива.

Как известно, углепородный массив обладает прочностной анизотропией, обусловленной наличием поверхностей ослабления, к которым относятся, в первую очередь, слоистость и кливаж. Ориентация поверхностей ослабления по отношению к выработке задаётся углом падения α (угол между нормалью ν к поверхности и вертикальной осью поперечного сечения z) и простирания β (угол между проекцией нормали на горизонтальную плоскость $x0y$ и горизонтальной осью сечения выработки y) (рис. 1). При $\beta=0°$ выработка типа штрек пройдена по простиранию поверхностей ослабления. При $\beta=90°$ выработка типа квершлаг сооружается в крест их простирания.

Вполне очевидно, что разрушение анизотропного по прочности массива согласно критерию Мора - Кузнецова, в первую очередь, происходит по поверхностям ослабления, вследствие чего, за контуром выработок образуются зоны нарушения сплошности (ЗНС) [1]. Наличие зон является и показателем разрушения анизотропного по прочности массива, и критерием его устойчивости. По размерам и конфигурации ЗНС вокруг выработки можно выбрать рациональную форму её поперечного сечения, разработать паспорт анкерного крепления. В этой связи учёт прочностной анизотропии в расчётах вмещающего массива позволяет обеспечить устойчивость выработок а, следовательно, и безопасность горных работ.

Наиболее адекватной моделью, описывающей состояние углепородного массива, является трёхмерная модель геомеханического состояния анизотропного по прочности массива, разработанная в [2]. Созданная модель является универсальной. Она определяет методом граничных элементов непрерывное поле напряжений в окрестности выработок произвольного очертания, учитывает любые системы поверхностей ослабления, а также опорное давление в области ведения

горных работ и на базе вычислительного эксперимента обеспечивает комплексное изучение различных модельных сред.

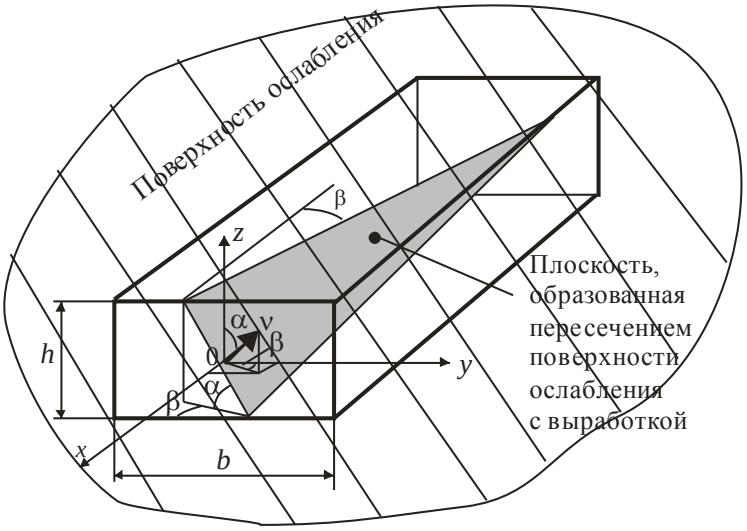


Рис. 1 – Положение поверхности ослабления относительно выработки

Изучение геомеханического состояния вмещающего массива проводится путём построения зон нарушения сплошности, по которым производится выбор параметров анкерной крепи (усилия натяжения в анкере, их число и шаг армирования выработки).

В рамках упомянутой выше модели проведены расчёты геомеханического состояния массива в окрестности сопряжения магистрального конвейерного штрека с вентиляционным штреком 1-1-5-5 по пласту Е-5 шахты Осинниковская, залегающего на глубине 740 *м.* (рис. 2 *а*). Размеры сечения выработок следующие. Высота обоих штреков составляет 3,7 *м*. Пролёт магистрального конвейерного штрека достигает 4,5 *м*, пролёт вентиляционного штрека равен 3,5 *м*. Угол смежности выработок составляет 24°. Угол падения регулярных поверхностей ослабления α=5°, угол простирания (по отношению к магистральному штреку) β=0°. Коэффициент сцепления породы по поверхностям ослабления равен нулю, угол внутреннего трения по ним φ=20°. Результаты проведённого вычислительного эксперимента представлены на рис. 2. Вертикальный размер зоны нарушения сплошности *С* определяется разностью максимальной и минимальной ординат, показанных на рис. 2 *б*. Из этого рисунка С=8,88–3,7=5,18 *м*. По размерам и конфигурации этой зоны нарушения сплошности принято шесть канатных анкеров длиной 6,2 *м* (ещё 1м для закрепления анкера в скважине связующим материалом). Опытное производство канатных анкеров организовано на ряде фирм,

таких, например, как РАНК 2, ТАК, расположенных в Кемерово. Их несущая способность достигает 300 *kH* (30 *m*).

Вывод. Применение трёхмерной модели геомеханического состояния анизотропного по прочности массива для анализа напряжённо-деформированного состояния массива, а также канатных анкеров, параметры которых подобраны в соответствии с расчётами, выполненными в рамках этой модели, вполне обеспечивают устойчивость горных выработок и их безопасную эксплуатацию.

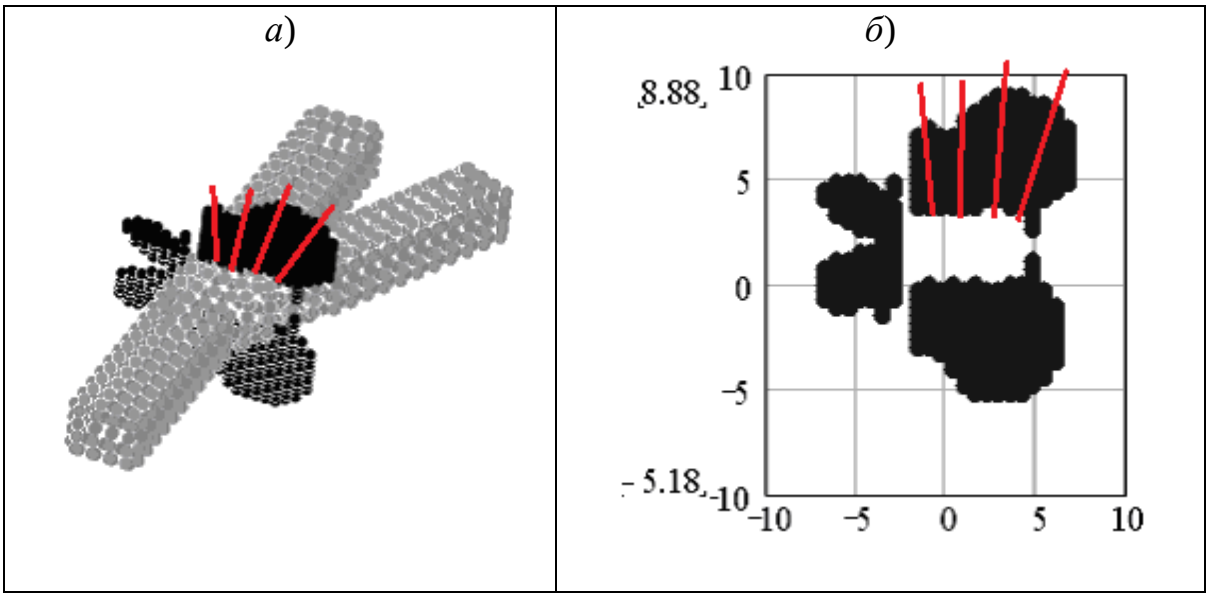


Рис. 2 – Схема армирования канатными анкерами кровли в сечении сопряжения с самыми большими размерами ЗНС на шахте Осинниковская

Список литературы

1. Ержанов Ж.С., Изаксон В.Ю., Станкус В.М. Комбайновые выработки шахт Кузбасса. Опыт поддержания и расчет устойчивости – Кемерово: Кемеров. книжн. изд-во, 1976.–216 с.

2. Черданцев Н.В., Изаксон В. Ю. Некоторые трёхмерные и плоские задачи геомеханики. - Кемерово: КузГТУ, 2004.-190 с.

УДК 622.272: 516.02

С.В. ЧЕРДАНЦЕВ, профессор, д-р техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

КАЧКА ПОНТОНОВ В ЗУМПФАХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

При разработке угольных месторождений открытым способом необходимы зумпфы для стока грунтовых и подземных вод, которые

откачивают, чтобы предотвратить затопления забоя. Для этого используют плавучие средства в виде понтонов с установленным на них водоотливным оборудованием.

Понтоны проектируются на каждом угольном разрезе индивидуально и состоят из металлических труб-поплавков, герметически заваренных с торцов и расположенных параллельно друг другу (рис. 1). В зависимости от производительности водоотливного оборудования используют нечетное количество поплавков (чаще три или пять), на которые с помощью сварки настилают палубу из металлических пластин, обшитых досками, и боковые ограждения. Затем с помощью крепежных средств устанавливают на палубу насосное оборудование с электроприводом.

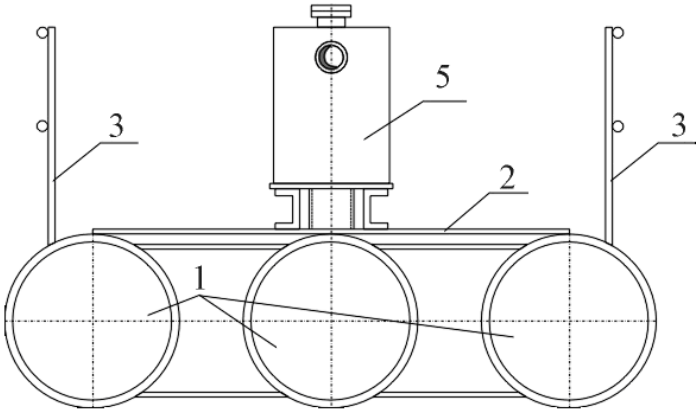


Рис. 1. Плавучая водоотливная установка (вид с торца)
1 – металлические трубы-поплавки; 2 – палубный настил; 3 – ограждения; 4 – поручни; 5 – бак-запасник воды

Расчет любого понтона на разрезе сводится лишь к обеспечению его плавучести. Однако анализ поведения понтонов под действием внешних возмущающих сил в расчетах, вообще, не рассматривается.

Здесь предпринята попытка исследовать в первом приближении качку понтонов в зумпфах угольных разрезов с общих позиций теории корабля [1], в рамках следующих допущений:

1) амплитуды понтона в процессе качки малы;

2) демпфирующие силы линейно зависят от перемещений понтона;

3) форма подводной части понтона изменяется настолько мало, что присоединенные массы воды и коэффициенты демпфирования остаются постоянными.

В силу принятых допущений качку понтона можно описать в рамках линейной теории, в которой вертикальная, бортовая и килевая качка существуют независимо друг от друга и описываются изолированными дифференциальными уравнениями

$$(m+\mathrm{M}_{33})\ddot{\zeta}+\Lambda_{33}\dot{\zeta}+\rho g S_0\zeta=0,$$
$$(I_x+\mathrm{M}_{44})\ddot{\theta}+\Lambda_{44}\dot{\theta}+mgh\theta=0, \qquad (1)$$
$$(I_y+\mathrm{M}_{55})\ddot{\psi}+\Lambda_{55}\dot{\psi}+mgH\psi=0,$$

где m – масса понтона; S_0 – площадь его ватерлинии; I_x, I_y – моменты инерции понтона относительно соответствующих осей; ζ, θ, ψ, – вертикальное перемещение центра масс понтона и углы соответственно крена и дифферента понтона в процессе качки; h, H – начальные поперечная и продольная метацентрические высоты; ρ – плотность воды в зумпфе; g – ускорение свободного падения.

Входящие в уравнения (1) параметры M_{33}, M_{44}, M_{55} являются присоединенными массами жидкости, с помощью которых выражается гидродинамическая инерционная сила (или момент) соответственно при вертикальном перемещении, при крене и дифференте понтона в процессе качки. Коэффициенты же демпфирования Λ_{33}, Λ_{44}, Λ_{55} учитывают, что качающийся понтон затрачивает энергию на преодоление сил трения, на возникновение вихрей и волн в процессе качки.

Первое из уравнений (1) описывает вертикальную качку, второе – бортовую и третье килевую качку. Разделив эти уравнения на коэффициенты при вторых производных, и приняв $\zeta = Y_3$, $\theta = Y_3$, $\psi = Y_3$ имеем

$$\ddot{Y}_j+2\nu_j\dot{Y}_j+\omega_j^2 Y_j=0, \qquad (2)$$

где индексы j соответствуют различным видам качки: $j = 3$ – вертикальной, $j = 4$, $j = 5$ – соответственно бортовой и килевой качкам.

Легко заметить, что ω_j – является соответствующей частотой качки понтона, а ν_j – коэффициентом демпфирования, учитывающим затухание качки. В соответствие с этим параметры, входящие в уравнение (2) представляются в виде

$$\nu_3=\frac{\Lambda_{33}}{2(m+\mathrm{M}_{33})},\ \omega_3=\sqrt{\frac{\rho g S_0}{m+\mathrm{M}_{33}}},\nu_4=\frac{\Lambda_{44}}{2(I_x+\mathrm{M}_{44})},$$
$$\omega_4=\sqrt{\frac{mgh}{I_x+\mathrm{M}_{44}}},\nu_5=\frac{\Lambda_{55}}{2(I_y+\mathrm{M}_{55})},\ \omega_5=\sqrt{\frac{mgH}{I_y+\mathrm{M}_{55}}}. \qquad (3)$$

В дальнейшем для простоты записи будем опускать индексы j.

Добавив к уравнению (2) начальные условия

$$\text{ï ðè}\ \ t=0,\ \ Y=Y_0,\ \ \dot{Y}=\dot{Y}_0$$

мы получим задачу Коши [2], решение которой при условии, что $\nu < \omega$ представляется в виде

$$Y=Be^{-\nu t}\cos(\Omega t-\beta), \qquad (4)$$

где B – амплитуда соответствующего вида качки; β – начальная фаза колебаний; Ω – частота свободных колебаний с учетом демпфирования, определяемая формулой

$$\Omega = \sqrt{\omega^2 - \nu^2}\,. \tag{5}$$

Из решения (4) видно, что при отсутствии демпфирования ($\nu = 0$) понтон совершает на воде незатухающие гармонические колебания, с частотой, вычисляемой по формулам (3), из которых следует, что с ростом поперечной остойчивости понтона его качка становится более порывистой, поскольку угловые скорости понтона увеличиваются.

Наличие в решении дифференциального уравнения (4) множителя $e^{-\nu t}$ показывает, что свободные колебания носят затухающий характер [3], так как их амплитуды будут с течением времени убывать.

Если $\nu = \omega$, то решение уравнения (4) будет иметь вид [2]

$$Y = e^{-\nu t}(B_1 t + B_2), \tag{6}$$

если $\nu > \omega$, то

$$Y = B_1 e^{(-\nu + \sqrt{\nu^2 - \omega^2})t} + B_2 e^{(-\nu - \sqrt{\nu^2 - \omega^2})t}\,. \tag{7}$$

Выражения (6), (7) определяют не колебательное, а апериодическое движение [3]. На рис. 2 показан характер качки понтона при различных значениях коэффициента затухания ν.

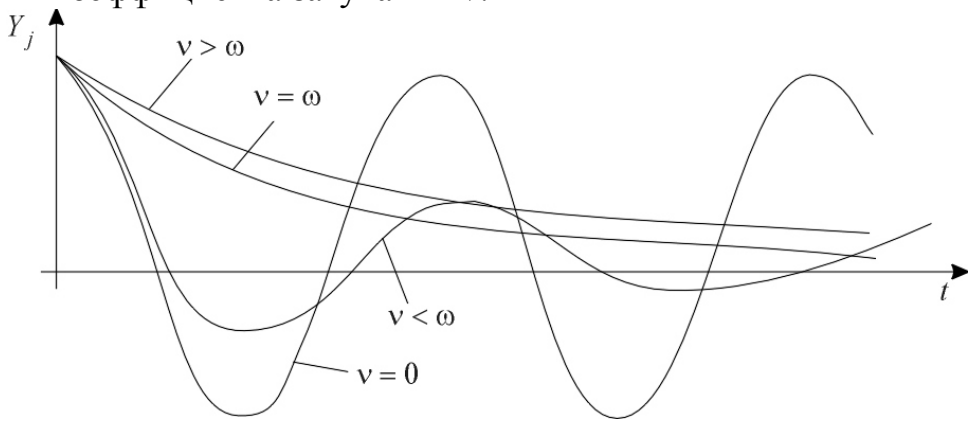


Рис. 2. Характер качки понтона

Список литературы

1. Ремез, Ю. В. Качка корабля. – Л. : Судостроение, 1983. – 328 с.

3. Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений. – М. : Физматгиз, 1959. – 468 с.

3. Жуковский, Н. Е. Теоретическая механика. – М.: Гостехиздат, 1952. – 811 с.

УДК 678.017: 620.17

Т.М.ЧЕРНИКОВА, доцент, канд.техн.наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

МЕТОД КОНТРОЛЯ РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработка методов контроля разрушения материалов в условиях горного производства является актуальной задачей, так как из-за сложности контроля процесса разрушения чрезвычайно трудно обеспечивать безопасность ведения работ и осуществлять оперативный контроль состояния реальных объектов народного хозяйства.

Возможность оперативного определения расчетных физических параметров, максимально соответствующих реальной конструкции, должны обеспечивать экспресс-методы измерений.

С этой целью в практике промышленных предприятий и исследовательских лабораторий широкое распространение получили различные неразрушающие методы контроля материалов, например, метод масспектроскопии; механоэмиссии электронов; рассеяния рентгеновских лучей под малыми углами (РРМУ); ультразвуковой; акустической эмиссии; электромагнитного излучения (ЭМИ).

Однако применение этих методов для контроля процесса разрушения и оценки долговечности нередко связано с необходимостью больших временных и финансовых затрат. Некоторые методы не безопасны для обслуживающего персонала (например, с использованием рентгеновских лучей). Поэтому с целью сокращения трудоёмкости работ, сокращения времени и финансов, необходимо развивать бесконтактные экспресс-методы контроля, не требующие внедрения в объем материала.

Одним из таких методов является метод контроля разрушения с использованием регистрации импульсного ЭМИ, который выгодно отличается от других методов тем, что позволяет исследовать кинетику накопления микроповреждений без контакта с материалом; не требуется внешний источник возбуждения, поскольку источники ЭМИ находятся в самом материале. Метод ЭМИ является очень информативным, поскольку скорость распространения сигнала ЭМИ равна скорости электромагнитной волны, что позволяет разделить сигналы от отдельных трещин.

Сущность метода заключается в следующем.

Исследуемый образец помещается в нагружающее устройство измерительной системы контроля разрушения и нагружается с постоянной скоростью. В процессе нагружения образца с помощью измерительной

системы регистрируются в реальном масштабе времени импульсы электромагнитной эмиссии, которые сопровождают процесс возникновения и распространения микротрещин и ведется их счет. При регистрации процесса нагружения композита программными средствами строится кинетическая кривая накопления импульсов ЭМИ (накопления микротрещин).

Выбирается интервал времени таким образом, чтобы в каждом таком интервале было не менее 6–10 импульсов ЭМИ. На каждом таком интервале находят кинетические параметры разрушения – энергию активации разрушения U_0 и структурно-чувствительный коэффициент γ .

Рассчитывается коэффициент структурных изменений $k_u = \gamma / \gamma_p$, где γ_p – структурно-чувствительный коэффициент при разрушении материала.

Сравнивая полученные значения энергии активации и коэффициента структурных изменений для данного материала, можно определить на какой стадии разрушения находится образец.

Значение коэффициента структурных изменений, k = 4-5 для углепластиков и k = 3-4 для фенопластов, свидетельствует о приближении критической стадии разрушения.

Кроме того, на каждом этапе нагружения проводится анализ частоты ЭМИ и по моменту ухода частоты в низкочастотную область судят о формировании магистрального разрыва.

Метод контроля разрушения на основе импульсного ЭМИ можно использовать также для оценки прочностных характеристик композиционных материалов при их изготовлении, проверки технологии изготовления и разработки рекомендаций по изготовлению композиционных материалов, поскольку данный метод позволяет получать информацию о механических свойствах материала при его разрушении, количестве образующихся микротрещин и их размерах, об энергетических и кинетических константах материала.

Тот факт, что параметры ЭМИ определяются кинетическими характеристиками повреждения материала, делает возможным установление качественных и количественных закономерностей развития процесса разрушения.

Таким образом, метод контроля процесса разрушения композиционных материалов на основе регистрации импульсного электромагнитного излучения образцов предоставляет возможность проводить диагностику разрушения в образце на основе совместного анализа изменения $\tilde{U}_0$, $\tilde{\gamma}$ и частоты ЭМИ.

УДК 678.017: 620.17

Т.М.ЧЕРНИКОВА, доцент, канд.техн.наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
В.В. ИВАНОВ, профессор, докт. техн. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Возможность прогнозирования длительной прочности и долговечности композиционных материалов имеет в настоящее время большое значение в связи с широким применением композитов в различных отраслях производства, в том числе на шахтах и рудниках. Технико-экономическая эффективность применения новых конструкционных материалов и безопасность труда в горной промышленности зависят от того, насколько использование композитов соответствует задачам повышения прочности изделия и обеспечения его целостности при заданных режимах эксплуатации в течение всего срока службы.

Существующие способы определения физических характеристик и долговечности композитов с помощью электромагнитного излучения основаны на длительных испытаниях образцов, а при циклических нагрузках необходимо исследование полного цикла нагружение-разгрузка.

Предлагаемый способ предназначен для определения механических характеристик композиционных материалов и их долговечности путем исследования электромагнитной эмиссии при трещинообразовании и разрушении только за половину цикла (т.е. при возрастании нагрузки).

Способ основан на том, что при возникновении микротрещин на границе волокон и связующего компонента, а также внутри волокон или в связующем излучаются короткие импульсы электромагнитной эмиссии. Число импульсов совпадает с числом возникающих микротрещин. Время нарастания фронта импульсов электромагнитного излучения совпадает со временем роста трещины. Поэтому, регистрируя число импульсов можно определить число микротрещин, накопленных за определенный промежуток времени, а по параметрам импульсов рассчитать механические характеристики материала.

Исследования проводят на специальной установке (рис.1). Образец испытуемого материала 1 помещают в экранированную ячейку 2 с антенной 3 и нагружают при помощи устройства 4 с любой постоянной скоростью до полного разрушения. В процессе нагружения датчиком 5 контролируют температуру образца. С помощью антенны и усилителя 6

регистрируют импульсы электромагнитной эмиссии. Счетчик 8 регистрирует число импульсов, таймер 9 – текущее время. Осциллограф 7 используют для контроля помех при проведении измерений.

Накопленное число импульсов N_i и время t_i процесса накопления этих импульсов поступают в память ЭВМ 10, из которой их выводят на экран дисплея или принтер (рис. 2). По полученным результатам проводят расчет долговечности.

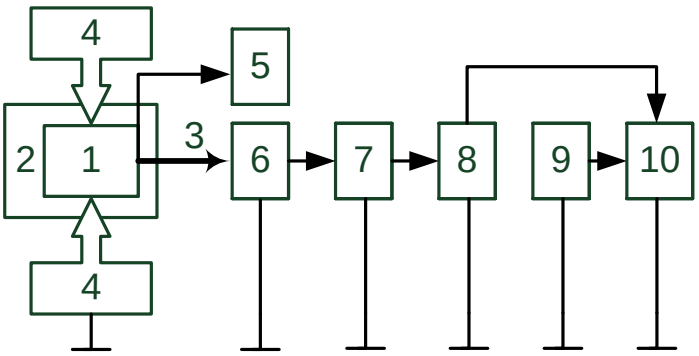


Рис.1. Схема установки для исследования композитов

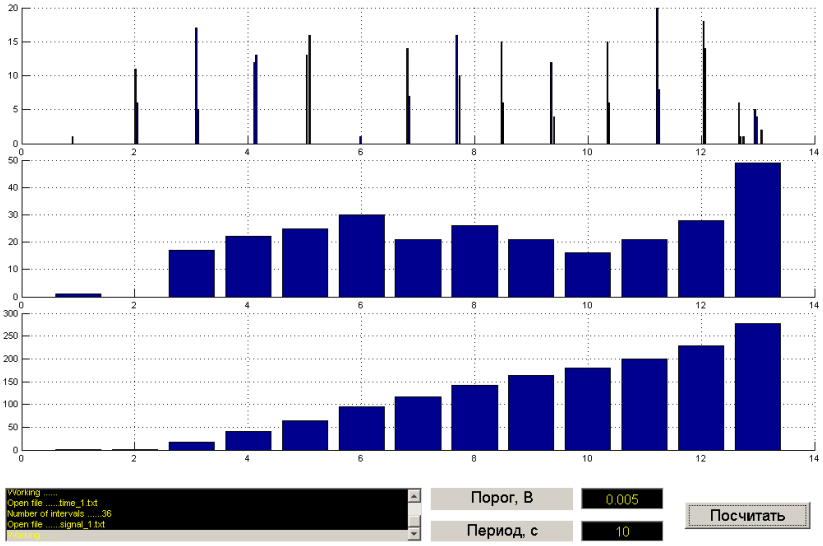


Рис.2 Кинетика накопления импульсов электромагнитной эмиссии

Преимущества способа заключаются в том, что он может применяться при любых скоростях нагружения; снижено влияние температурных эффектов; повышена точность; уменьшена трудоемкость определения долговечности.

А.С. ГУКИН, аспирант (КузГТУ, г. Кемерово),
С.И. Протасов, профессор, к.т.н. (КузГТУ, г. Кемерово),
А.Г. НОВИНЬКОВ, зав. сектором, к.т.н.
(НФ «КУЗБАСС-НИИОГР», г. Кемерово),
П.А. САМУСЕВ, зав. сектором, к.т.н.
(НФ «КУЗБАСС-НИИОГР», г. Кемерово)

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ МАССОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВАХ

Действующие нормативные документы в области обеспечения безопасности при ведении взрывных работ [1] разработаны для технологии группового короткозамедленного взрывания, при которой все заряды в одной группе взрываются одновременно. По этой причине применение подходов [1] для случаев с замедлениями между скважинами, не вполне обоснованно и всегда сопровождается некоторой неуверенностью в последствиях, что отчасти подтверждается жалобами жителей даже в случаях формального соответствия параметров проектов взрывов требованиям [1]. Кроме того, данный документ никак не увязан с другим действующим нормативным документом [2], который регулирует предельный уровень колебаний для зданий, в том числе и при ведении взрывных работ. Можно отметить, что последний документ предъявляет к взрывным работам более жесткие требования, чем [1], как в части непосредственно предельного уровня колебаний, так и в части вероятности его непревышения, однако он не предназначен для определения сейсмобезопасных параметров взрывных работ (например, предельной массы заряда в условной группе и т.д.). Таким образом, явно ощущается необходимость разработки и применения дополнительных подходов к обеспечению сейсмической безопасности при проведении массовых промышленных взрывов.

Применение элементов регрессионного анализа к определению сейсмобезопасных расстояний при проведении массовых промышленных взрывов не является чем-то новым в практике обеспечения безопасности ведения взрывных работ. В литературе встречаются самые разнообразные регрессионные модели, используемые для этих целей: линейные и нелинейные, с одной и многими факторными переменными. Подходы на основе регрессионного анализа даже заложены в государственные стандарты и ведомственные документы некоторых стран [3, 4]. В большинстве случаев регрессионные оценки строятся с использованием обычного метода наименьших квадратов и в подавляющем большинстве случаев ограничиваются построением линии регрессии. Намного реже

приводятся оценки дисперсии или стандартной ошибки, еще реже определяются доверительные интервалы с заданной обеспеченностью для построенных линий регрессий. Удивительно, но нам не встречались публикации с методиками определения сейсмобезопасных расстояний при массовых промышленных взрывах, включающими хотя бы статистический анализ остатков. А ведь именно на этих оценках должно строиться суждение об адекватности модели, ее эффективности и состоятельности, а, следовательно, и приниматься решение о возможности ее использования для каждого конкретного случая. В настоящей работе предлагается обоснование методики определения сейсмобезопасных расстояний на основании классического регрессионного анализа, включая необходимые статистические тесты и процедуры.

Алгоритм определения сейсмобезопасных расстояний по предлагаемой методике включает в себя несколько этапов. На этапе планирования работ определяется необходимое количество точек (записей акселерограмм или велосиграмм) для регрессионного анализа исходя из требуемой обеспеченности анализа. Для нормативной обеспеченности 0,95 по [2] необходимо порядка 80 точек. Требуемое количество акселерограмм должно быть получено из возможно большего числа взрывов. На практике для достижения приемлемого уровня надежности обычно достаточно 6-12 взрывов.

После завершения работ по регистрации сейсмических воздействий выполняется предварительная обработка полученных данных. На этом этапе исследований производится перевод акселерограмм в велосиграммы (или велосиграмм в акселерограммы – в зависимости от использованного типа сейсмоприемника), при этом из записей удаляются низкочастотные помехи, ведущие к искажению производных данных. Для фильтрации используется цифровой фильтр Батеруорта II-го порядка. Процедура фильтрации во многом аналогична тем, которые применяются при обработке природных землетрясений. На этом же этапе производится оценка возможности объединения результатов, полученных для различных направлений распространения сейсмических волн в общую выборку. В случае удачи, это позволит использовать регрессию с более высоким уровнем обеспеченности, т.к. появляется возможность задействовать большее суммарное число точек. Для тестирования используется критерий Чоу.

После построения регрессионной модели и определения коэффициентов регрессии выполняется обязательный анализ остатков (отклонений фактических скоростей колебаний, от прогнозируемых по линии регрессии значений). Этот этап является одним из наиболее ответственных, поскольку именно из анализа остатков выясняется пригодность регрессионной модели для дальнейшего использования.

Прежде всего, проводится анализ адекватности регрессионной модели. В качестве критерия адекватности регрессионной модели используется отношение среднего квадрата неадекватности к среднему квадрату, обусловленному «чистой» ошибкой MSL/se2 [5]. Чрезмерно большая величина этого отношения указывает на присутствие в регрессии систематической ошибки, связанной с неверной спецификацией модели, например, с применением линейной модели там, где необходимо применить модель более высоких порядков. Косвенным критерием качества рассматриваемой однофакторной линейной регрессионной модели может служить величина коэффициента детерминации Kd, который должен быть не менее 0,7.

Следующим этапом процедуры тестирования регрессии является анализ остатков на гомоскедастичность (независимость дисперсии от факторной переменной) и отсутствие автокорреляции между остатками. Проверку независимости оценок дисперсии максимальной скорости от приведенного расстояния можно выполнить с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Для исследования на наличие автокорреляции между остатками для соседних точек используется тест на основе статистики Дарбина-Уотсона.

Наконец, на заключительном этапе проводится тест на соответствие фактического закона распределения остатков нормальному закону. На практике часто используется упрощенный тест с нанесением значений остатков на вероятностную бумагу (например, с использованием функций из математического пакета для инженерных расчетов Mathcad). Для более точного определения вероятности соответствия фактического закона распределения остатков нормальному закону используется критерий $\chi 2$ [6].

Список литературы

1. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01).- М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 248 с.

2. ГОСТ Р 52892-2007. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию. – М.: Стандартинформ. – 2008. – 32 с.

3. BS 6472-2:2008. Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings. Part 2: Blast-induced vibration. – BSI, 2008. – 19 p.

4. Blasting Guidance Manual. Directive System. U.S. Department of Interior. Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement. 1/26/87.
http://arblast.osmre.gov/downloads/OSM%20Reports/BGM%201.pdf

5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 1. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.

6. Р 50.1.033-2001. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Ч.1. Критерии типа хи-квадрат. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 86 с.

IX Международная научно-практическая конференция

ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ
СИБРЕСУРС 2012

Материалы конференции

Том 1

70-летию Кемеровской области посвящается

1-2 ноября 2012 г.
Кемерово

Материалы конференции отпечатаны по оригиналам,
представленными авторами статей

Технический редактор О.А. Останин
Компьютерная верстка Д.А. Бородин

Подписано в печать
Бумага белая писчая
Уч.-изд. л. …
Заказ

Формат …
Отпечатано на ризографе
Тираж 100 экз.

КузГТУ
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
Типография КузГТУ
650000, г. Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а