

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

У статті представлені перспективи запровадження апаратури для діагностичного контролю за станом обладнання у стволі шахти та аналіз вітчизняного стану діагностичної апаратури, їх складові, принцип роботи та характеристики.

MODERN CONDITION OF THE DIAGNOSTIC EQUIPMENT FOR MINE HOISTING PLANTS AND PROSPECTS OF ITS USE

In clause prospects of an intrusion of the equipment for diagnostic check behind a condition of the equipment in shaft of mine, the analysis of a condition of the domestic diagnostic equipment, their structure, a principle of operation and the characteristic are presented.

С развитием горной промышленности и применения высокопроизводительного оборудования к подъёмному комплексу шахт применяются соответствующие требования по безопасности их эксплуатации. Основным средством их обеспечения является планово-предупредительная система контроля состояния подъёмного оборудования и недопущения возникновения ситуаций, в которых могли бы пострадать люди.

С течением времени эксплуатации при сложных условиях работы в агрессивной шахтной среде, в которых находится оборудование шахтного ствола, появляется необходимость в применении диагностической аппаратуры, которая способна за короткий промежуток времени собрать необходимую информацию для последующих расчётов и заключений о действительном техническом состоянии армировки ствола, прямолинейности проводников и дальнейшей безопасной эксплуатации шахтного подъема. Данная аппаратура обладает рядом преимуществ по отношению к традиционному методу визуального контроля состояния армировки и проводников. Наиболее важными, определяемыми на основании измерений и последующих расчетов являются следующие эксплуатационные параметры: *контактные нагрузки на проводники, износ проводников и расстрелов, фактические запасы прочности элементов армировки ствола, отклонения проводников от вертикали на смежных ярусах, координаты участков армировки ствола, которые по своим эксплуатационным параметрам не соответствуют требованиям Правил безопасности.*

Существует три подхода к определению эксплуатационных параметров элементов оборудования действующих шахтных стволов. *Первый* заключается в расчетах параметров методом математического моделирования на основе имитационных динамических моделей подъемных установок. *Второй* заключается в прямом измерении отдельных эксплуатационных параметров (в действительности применяется только измерение отклонений проводников от вертикали и износа проводников и расстрелов) и сравнение их с установленными в норматив-

ной документации предельно допустимыми значениями. *Третий* подход является комбинацией из первых двух и заключается в том, что часть параметров определяется путем прямых измерений, другие, принимаемые во внимание при заключении о надежности и безопасности работы подъема, определяются путем математического моделирования с использованием в качестве исходных данных для расчетов параметров, измеренных при обследованиях и испытаниях.

История проведения прямых измерений отдельных эксплуатационных параметров в действующем шахтном стволе уходит своими корнями в далекое прошлое, начало которого относится к середине прошлого века. В Германии, Польше, Чехословакии начиная с 40-х годов производились научные эксперименты по измерению с помощью простых медленно работающих регистраторов и вибрографов горизонтальных ускорений 2-х направляющих подъемного сосуда с записью на бумагу в привязке ко времени движения сосуда в лобовой и боковой плоскостях проводников.

Прямолинейность проводников в привязке к номерам ярусов армировки издавна определялась с помощью вертикального отвеса, проложенного вдоль шахтного ствола. Погрешности измерительной техники того уровня, чересчур малая скорость развертки по времени записи и числа одновременно регистрируемых динамических параметров при рабочей скорости движения сосудов не дали развиваться этому направлению до широкомасштабного повсеместного промышленного применения.

Первый подход в связи с независимостью от тяжелых для измерений шахтных условий является и на сегодняшний день самым распространенным в горнорудной и угольной промышленности Украины и за рубежом.

Второй и третий подходы в современных условиях только начали получать свое развитие в связи с новыми достижениями в области электронной цифровой измерительной и вычислительной техники, позволяющей одновременно и с высокой скоростью развертки измерить, зарегистрировать в цифровой форме и обработать в режиме реального времени надежной переносной аппаратурой большой объем сигналов от нескольких десятков датчиков, измеряющих разные по типу физические параметры. Для шахтного ствола это горизонтальные и вертикальные ускорения всех направляющих, контактные нагрузки по всем рабочим граням системы проводников, отметки ярусов, скорость движения подъемного сосуда и т.п.

Благодаря новой технике измерения и быстрой программной обработки стало возможным создание новых информационных технологии и методик оценки технического состояния оборудования подъема, обладающие большей информативностью и достоверностью определения уровня аварийной опасности и локализации дефектных мест в стволе, не смотря на его большую протяженность и недоступность для ручного оптико-визуального контроля.

К настоящему времени известно несколько, разработанных в прошлые годы, аппаратных комплексов для определения динамических нагрузок на армировку и крепь. Их разработка началась в 60-е годы прошлого века.

Одной из первых разработанных и применявшихся на Украине комплек-

тов аппаратуры для динамических измерений нагрузок на армировку шахтных стволов, можно считать аппаратуру, разработанную в институте ГИПРОНИСЭЛЕКТРОШАХТ (г. Донецк). Она применялась несколько раз для экспериментальных исследований контактных нагрузок на проводники многоканатных подъемных установок на рудных шахтах им. Ленина и Гвардейская треста Ленинруда в г. Кривой Рог. При исследованиях два измерительно-направляющие устройства (башмака) устанавливались на одном проводнике на верхнем и нижнем поясах скипа, либо на двух проводниках на верхнем и нижнем поясах сосуда. [1].

Аппаратура Всесоюзного научно-исследовательского института взрывобезопасного электрооборудования (ВНИИВЭ) (г. Донецк) предназначена для исследования и проверки пригодности армировки вертикальных шахтных стволов к дальнейшей эксплуатации, обеспечивала регистрацию статических и динамических нагрузок на жёсткие проводники при движении сосуда с рабочей скоростью. В башмаках использовался магнитоупругий датчик трансформаторного типа. Аппаратура размещалась на крыше клетки либо на смотровой площадке скипа. Запись производилась без присутствия людей.

Аппаратура имела пылевлагозащищенный корпус и состояла из блока регистрации, измерительных направляющих устройств, блока частотного питания, батареи питания аппаратуры, датчика ввода пройденного пути в блок регистрации и пульта управления.

Использование этих разработок позволило Научно-исследовательскому горнорудному институту (НИГРИ, г. Кривой Рог) перевести работы по динамическому контролю армировки из режима научных экспериментов в режим плановых, проводимых постоянно на действующих стволах. Им была разработана и эксплуатируется с 70-х годов аналогичная аппаратура контроля нагрузок (АКН) на жесткие направляющие шахтных подъемных сосудов во время их работы. Аппаратура обеспечивает регистрацию нагрузок одновременно на всех направляющих верхнего пояса сосуда во время загрузки и разгрузки, спуска и подъёма сосудов при любой скорости передвижения на фотобумагу со светолучевого осциллографа.

Техническая характеристика аппаратуры

Число одновременно измеряемых параметров	<14
Чувствительность, кг/мм	25-60
Напряжение тока питания, В	27
Скорость движения скипа (клет) в шахтном стволе, м/с	20
Продолжительность установки и демонтажа аппаратуры на подъемном сосуда, ч	0,5-1
Размеры измерительной аппаратуры, мм:	
диаметр	100
высота	210
Масса, кг	2

Аппаратура состоит из блока регистрации, блока частотного питания, ба-

тарей питания преобразователей, датчика пути, пульта управления, измерительного направляющего устройства для проводников коробчатого сечения.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте горной механики им. М.М. Федорова (г. Донецк) в 60-х годах для работы в угольных шахтах был разработан комплект электровиброизмерительной аппаратуры. В этот комплект входили: источник питания, панель управления, шлейфовый осциллограф, датчики виброперемещений, отметчики расстрелов. Расходные датчики перемещений позволяли измерять вибропрогибы до 100 мм. Аппаратура устанавливалась на выбранной отметке в стволе и регистрировала колебания проводников и расстрелов при прохождении мимо них подъемного сосуда.

Тогда же этим же институтом была разработана и электродинамометрическая аппаратура предназначенная для исследования динамики взаимодействия движущегося подъемного сосуда с армировкой. Результаты исследований позволяли оценить эксплуатационное состояние армировки.

В комплект аппаратуры входили: источники питания, панель управления и распределения питания, шлейфовый осциллограф, силоизмерительные устройства, панель силоизмерительных каналов, отметчики расстрелов, датчики ускорений (акселерометры МП-81). Силоизмерительные направляющие устройства измеряли контактные нагрузки при жестких и упругих направляющих устройствах. В качестве чувствительных элементов применялись полупроводниковые резисторы. Силоизмерительные направляющие башмаки устанавливались на верхнем поясе подъемного сосуда.

Измерительная система Ленинградского горного института и института Гипроникель для динамического контроля армировки, разработанная в 70-х годах, состояла из четырех тензометрических силоизмерительных башмаков, четырех датчиков ускорений, датчика пути, схемы автоматического управления измерительной аппаратуры при помощи магнитоупругих контактов, устройств гальванической развязки, тензорезисторов, осциллографа и источника питания.

Основой тензоизмерительного башмака, регистрирующего боковые и лобовые составляющие горизонтальных нагрузок на проводники, являются три стальных кольцевых чувствительных элемента с наклеенными на их поверхность фольговыми тензорезисторами, соединенными по мостовой схеме. Магнитоуправляемые контакты, помещенные в текстолитовый корпус, крепятся к подъемному сосуду. Постоянные магниты закреплялись в точках ствола, при прохождении которых должна включаться и выключаться измерительная аппаратура. Измерение в стволе осуществляется без присутствия людей на груженом подъемном сосуде, движущемся с рабочей скоростью [2].

В Пермском политехническом институте в конце 60-х годов была разработана аппаратура для экспериментального определения нагрузок, действующих на крепь соляных стволов при движении скипов.

Аппаратура стационарно устанавливалась на время экспериментов на выбранной отметке ствола, питание на нее подавалось от шахтной сети 220 В. Она включала в себя: блок питания, осциллограф Н-700 с фоторегистратором,

датчики вибраций, установленные на тубинговой колонне, тензостанцию УЕС1-12/35, датчики смещения, датчики силовые. При работе скипов она регистрировала динамические параметры вибраций тубинговой колонны, возникающие в ее сечениях виброперемещения и деформации [3].

В настоящее время наиболее современной на территории СНГ является микропроцессорная аппаратура контроля (МАК) Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (г. Днепропетровск), которая, в отличие от описанных выше аналогов, прошла государственную метрологическую аттестацию и постоянно применяется в рудоподъемных стволах Украины. С 2006 года эксплуатируется новая, разработанная и изготовленная совместно с фирмой «Ракон», измерительная станция 3-го поколения МАК-3 для динамического контроля систем «сосуд-армирование» вертикальных стволов. Данная станция обеспечивает одновременную непрерывную цифровую регистрацию контактных нагрузок сосуда на проводники в боковой и лобовой плоскостях по 6-ти каналам, горизонтальные и вертикальные ускорения направляющих сосуда по 7-ми каналам при движении сосуда в стволе синхронно с отметками ярусов расстрелов и вертикальной скоростью сосуда. Измерительные датчики могут устанавливаться на всех направляющих узлах верхнего и нижнего поясов скипа, клетки или контрвеса.

Аппаратура собрана по классической схеме (ПЭВМ-АЦП-усилитель-датчики). В ее комплект входят установленные в одном защитном корпусе: ПЭВМ типа Notebook на базе процессора Pentium, многоканальный контроллер типа USB 4711 PC LabCartseries фирмы Advantech с аналого-цифровым преобразователем, тензоусилительный блок на базе модулей 5B38-5B35 фирмы Analogdevices, аккумуляторный источник питания, и бесконтактные датчики ускорений (акселерометры), изготовленные на базе микрочипа ADXL/150 фирмы Analogdevices и силоизмерительные башмаки с контактными датчиками фирмы «Метриком», лучевые датчики-отметчики расстрелов фирмы Karlo Galazzi типа PA 18CDS-04 PASA, соединительные провода, дистанционный пульт управления записью. Все первичные преобразователи имеют гальваническую развязку друг от друга.

Силоизмерительные направляющие башмаки, в которые встроены тензодатчики, устанавливаются на месте рабочих башмаков подъемного сосуда. Датчики ускорений устанавливаются по геометрическим границам сосуда. Информация фиксируется одновременно и записывается в цифровом формате на винчестер внутренней ПЭВМ. Системный блок аппаратуры имеет следующие характеристики:

число измерительных аналоговых каналов (7 акселерометрических, 6 тензометрических, 1 для датчика скорости)	14
число цифровых входных для индикаторов расстрелов	2
напряжение питания	12В
время непрерывной работы без подзарядки	до 4-5 час
частота опроса датчиков с сохранением на винчестере, регулируется программно	0,5 - 30 кГц

объем свободной памяти для записи данных до 2 Гб
управление работой дистанционное, по радио каналу,
ручное, с выносного пульта
габариты 600x200x400 мм

Измерения в стволе осуществляются при груженом или порожнем сосуде с рабочей скоростью автоматически без присутствия людей в течение нескольких часов на необходимой для набора статистической информации выборке рабочих циклов подъема.

Общими и основными при контактных измерениях элементами, во всех описанных выше образцах аппаратуры являются контактные силоизмерительные башмаки, которые должны устанавливаться на подъемном сосуде вместо рабочих. Не смотря на сильное развитие электроники регистрирующих блоков измерительной техники, проблема получения достаточно точных значений контактных нагрузок во время измерений, по которым можно достоверно судить об эксплуатационных нагрузках, действующих при работе сосуда с его собственными рабочими башмаками, по-прежнему упирается в надежность работы первичных измерительных преобразователей, которыми являются измерительно-направляющие устройства (башмаки).

В статье [4] описана кинематика взаимодействия силоизмерительного башмака подъёмного сосуда, содержащего встроенный плоский датчик типа мездозы с выступающим в сторону проводника на 2-3 мм выпуклым защитным колпачком чувствительного элемента. По такой же принципиальной схеме устроены и все остальные, применявшиеся другими организациями, силоизмерительные башмаки рис. 1.

Особенностью этой схемы измерения контактной нагрузки является то, что она предназначена для восприятия полной контактной нагрузки на рабочую грань башмака в виде сосредоточенной силы, приложенной перпендикулярно к его поверхности в вершине выступа защитного колпачка. При этом внутренние поверхности сопряжения контакта и чувствительного элемента мездозы должны быть изготовлены так, чтобы вся внешняя контактная нагрузка на защитный элемент без искажений передавалась на чувствительный элемент по нормальной точке при любых возможных перекосах сосуда в пределах кинематических зазоров.

Для соблюдения на практике этих требований необходима прецизионная обработка поверхностей сопрягаемых деталей с выполнением механической обработки высокого класса точности и термической обработки для обеспечения линейной зависимости между внешним усилием и деформацией поверхности, на которую наклеиваются высокочувствительные тензорезисторы, преобразующие деформации внутренней поверхности упругого элемента в выходной электрический сигнал, а так же исключая возможность заклинивания подвижных частей в пределах малых зазоров. Конструкция такого датчика представлена на рис. 1.

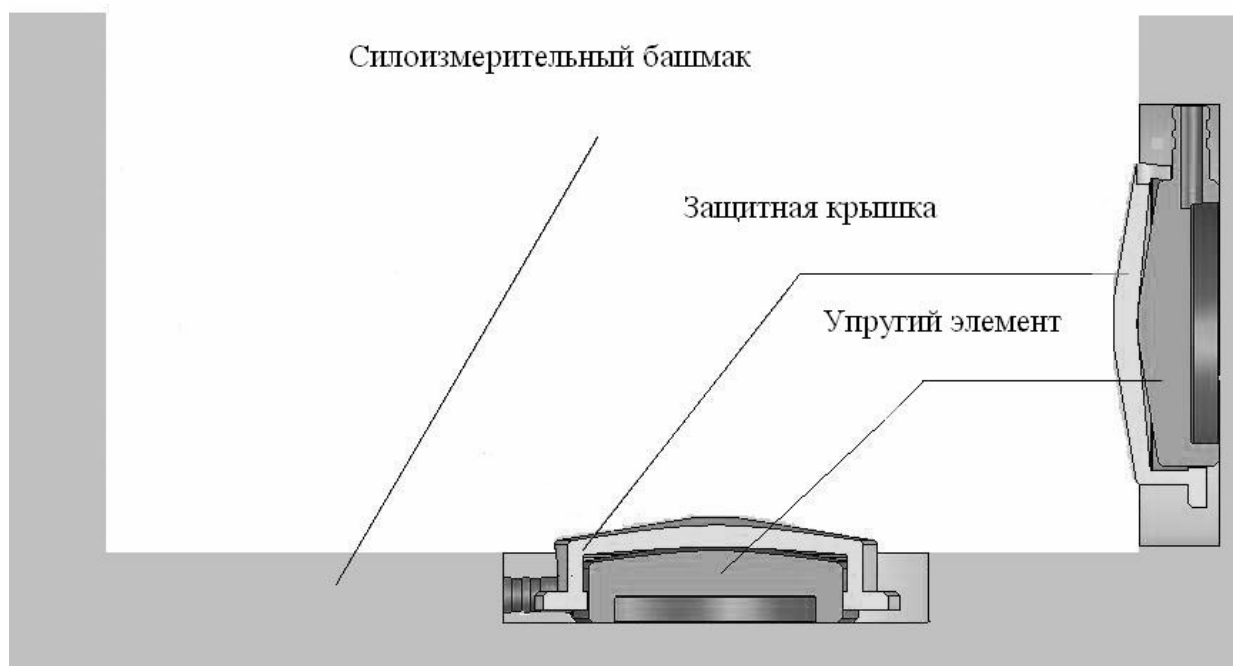


Рис. 1 – Принципиальная схема размещения датчиков в башмаке

В реальном предохранительном башмаке динамическая контактная нагрузка от проводника, передающаяся в движении со скольжением, распределена по всей его рабочей поверхности рис. 2. По поверхности башмака она распределена неопределенным образом. В каждый момент времени этот закон распределения определяется формой рабочей поверхности проводника (на ней могут быть локальные уступы на стыках, коррозионные впадины и т.п.). Поэтому, даже если в силоизмерительном башмаке динамическая контактная нагрузка передается только через выступ измерительного датчика, то все равно нельзя быть уверенным, что полученное значение будет в точности равно равнодействующей распределенной нагрузки в случае рабочих башмаков. Оценить погрешность такого метода измерений в реальных промышленных условиях не представляется возможным из-за того, что в разных точках ствола, или в одних и тех же точках, но на разных циклах движения из-за колебаний сосуда поверхности башмака и проводника при контакте могут быть не вполне параллельны, либо башмак будет контактировать с проводником по боковым граням только частью своей поверхности из-за отклонений в лобовой плоскости и уменьшения области зацепления.

Из этого анализа следует, что наиболее перспективным для серийного промышленного применения при динамических испытаниях армировки должны быть силоизмерительные башмаки, схема измерения которых гарантировано обеспечивает передачу на измерительный узел всей равнодействующей распределенной нагрузки, действующей на вкладыш рабочего башмака, при любых вариантах контакта башмака и проводника в лобовой и боковой плоскостях.

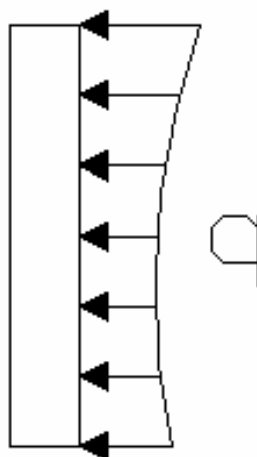


Рис. 2 – Схема распределения нагрузки на поверхность рабочего башмака

Каждая из организаций, занимавшаяся такими измерениями, разрабатывала свою конструкцию датчиков. Они отличались между собой своей надежностью, точностью и долговечностью в зависимости от того, предназначались ли они для длительных промышленных измерений или только для кратковременных экспериментальных исследований на небольшой выборке циклов для выведения общих закономерностей динамики сосуда в конкретном стволе. Подавляющее большинство силоизмерительных узлов предназначались и применялись только для кратковременных экспериментальных исследований.

Проблема обеспечения надежности работы узла заключается в том, что он длительное время (1-2 часа) должен находиться в условиях интенсивного трения с нагревом, вплоть до появления следов побежалости, при ударном нагружении своего чувствительного элемента датчика с усилием до 100 кН. При этом он не должен иметь толщины большей, чем толщина вкладыша предохранительного башмака, чтобы не вызвать затирание подъемного сосуда в проводниках из-за уменьшения кинематических зазоров и не исказить картину динамического состояния системы «сосуд-армировка».

На действующих в горнорудной промышленности скиповых и клетевых подъемах применяются сосуды различной грузоподъемности от 10т до 50т с проводниками сечением от 160x160 мм до 200x220 мм. Соответственно размеры и толщина вкладышей применяемых башмаков колеблется в диапазоне от 10 мм до 50 мм, а ширина суммарных кинематических зазоров между башмаками и проводниками на практике колеблется в пределах от 20 мм до 70 мм. Поэтому, при проведении динамических испытаний каждый раз возникает проблема предварительной разработки нового типоразмера или конструкции силоизмерительного датчика, который с одной стороны должен быть настолько прочным (а значит должен иметь необходимую толщину металла упругого элемента), чтобы выдержать ударные нагрузки такого уровня, а с другой стороны, его толщина не должна превышать более чем на 1-2 мм толщину вкладыша башмака по указанным выше причинам.

Трудности с разрешением этого технического противоречия делают проведение промышленного динамического контроля с такими датчиками весьма дорогостоящей и длительной процедурой, так как практически на каждый подъемный сосуд с его размером проводников надо разрабатывать и изготавливать новый комплект дорогостоящих датчиков. Кроме этого, не смотря на наличие в применяемых конструкциях защитных элементов, из-за тяжелых условий работы за несколько испытаний датчики выходят из строя, что требует их значительного запаса в лаборатории при проведении большой серии испытаний. Такое положение превращает их практически в категорию расходных материалов, которые к тому же надо тарировать и метрологически поверять перед каждым испытанием. По этим причинам, не смотря на свою актуальность для всех действующих шахтных стволов, этот вид динамических испытаний не нашел массового систематического применения ни в нашей стране ни за рубежом.

На Украине, где подавляющее большинство шахтных стволов эксплуатируются в условиях потери прочности армировки на 50%-60%, такому контролю по плановым графикам Госнадзорохрантруда силами Лаборатории проблем диагностики и испытаний шахтных подъемных комплексов ИГТМ НАНУ подвергается до 4-5 стволов в год при гораздо большей практической потребности промышленности в их применении.

Такое положение требует, кроме разработки альтернативных методов определения контактных нагрузок при бесконтактном измерении других динамических параметров взаимодействия сосудов с армировкой, так же и совершенствования конструкции и унификации силоизмерительных устройств, которые бы имели значительно большую долговечность и надежность в работе, могли бы устанавливаться на сосудах за короткое время и работать со всеми, имеющимися на практике типоразмерами коробчатых проводников.

На угледобывающих предприятиях Украины, где проведение систематического динамического контроля необходимо не менее, чем на рудных, в основном применяются рельсовые проводники типов Р38-Р43, поэтому создание силоизмерительных устройств для этих условий так же является актуальной задачей, решение которой направлено на повышение безопасности эксплуатации подъемных комплексов.

В настоящее время больше нет смысла говорить о разработке вторичной измерительной аппаратуры в кустарных условиях испытательных лабораторий, как это было еще 15-20 лет назад, так как широкий выбор стандартизованных компонентов лучших мировых и отечественных производителей доступен практически всем. Исключение составляет лишь отдельные оригинальные первичные преобразователи, индивидуальные для каждого объекта исследований. В нашем случае – это контактные силоизмерительные устройства для рельсовых и коробчатых проводников. Их необходимо разрабатывать по оригинальным проектам совместно с фирмами, специализирующимися в этой области с учетом реальной динамики взаимодействия подъемных сосудов разных типов с армировкой стволов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карась С.В. О горизонтальных нагрузках на корончатые проводники армировки вертикальных стволов. / Уголь Украины, август, 1968. – С. 45-46.
2. Манец И.Г., Снегирёв Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. - 2-е изд., перераб. и доп.-М.:Недра, 1987. 327 с.
3. Гоменюк В.Я., Буторин В.Г., Сидоренко Ю.М. Методика и аппаратура воздействия динамических нагрузок на тюбинговую крепь. / Сб тр. ППИ, Пермь, 1970. – С. 94-97.
4. Ильин С.Р., Бутурлимов А.В. Кинематика взаимодействия силоизмерительных башмаков шахтных подъемных сосудов с рабочими поверхностями проводников жесткой армировки. / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 62. - С. 50-54

УДК 504.3.06/622.235

Доц. Л.М. Коротенко, асп. С.В Пацера
(Национальный горный университет),
асп. Е.А. Ворон (ИГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА КАРЬЕРАХ

У статті відображений вплив метеорологічних умов на розповсюдження забруднюючих речовин при виконанні вибухових робіт. Встановлено, що включення метеорологічного аспекту при веденні вибухових робіт дає можливість не тільки прогнозувати розповсюдження концентрації шкідливих речовин, а також, приймаючи в увагу багато факторів, планувати та реалізувати комплекс мер, які направлені на захист навколишнього середовища.

WEATHER EFFECT ON ENVIRONMENTAL POLLUTION BY MANUFACTURE OF MASS EXPLOSIONS ON OPEN CAST MINE

In article the displayed weather effect on distribution of pollutants at fulfillment of explosive works. Is established, that the actuation metrological of aspect at explosive support enables not only to forecast propagation of harmful matters concentration, and also, taking into consideration there are a lot of factors, to schedule and to realize a complex mayor, which one are directional on security of a surrounding space.

Вопросы устойчивости техногенной нагрузки природной среды при производстве массовых взрывов в наше время находится в состоянии недостаточного исследования. Возникает необходимость определения интегральных характеристик (природных, экологических, экономических) состояния территорий для максимально возможного их использования при оптимальных уровнях техногенной безопасности. При производстве массовых взрывов система устойчива до тех пор, пока ее состояние находится в пределах гомеостаза и зависит от структуры и функциональных элементов, которые составляют систему «человек – окружающая среда». Устойчивость системы определена критическим значением интенсивности техногенного влияния, при котором еще возможно само восстановление. В этом контексте необходимо знать факторы, по отношению к которым определяется устойчивость системы и их