

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПОДЪЕМНЫЙ СОСУД – АРМИРОВКА» В РЕЖИМЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Приведений метод діагностики системи «підйомна посудина – армування», що знаходиться в умовах тривалої експлуатації і нерівномірно розподіленого по глибині стволу зносу армування. Особливість методу полягає в додатковому проведенні динамічних випробувань підйомної установки в екстремальних режимах роботи (окрім робочих) і в подальшому спеціальному аналізі одержаних діагностичних параметрів з метою визначення її технічного стану.

THE FEATURES OF DIAGNOSING OF THE SYSTEM «LIFTING VESSEL – STIFF REINFORCEMENT » AT THE EMERGENCY BRAKING

The method of diagnosing of the system is resulted «lifting vessel – stiff reinforcement », found in the conditions of the protracted exploitation and trunk of wear of stiff reinforcement unevenly distributed on a depth. The feature of method consists in the additional conducting of dynamic tests of the lifting setting in the extreme modes of operations (except for working) and in the subsequent special analysis of the got diagnostic parameters with the purpose of determination of its technical state.

На горнодобывающих предприятиях Украины угольные и рудоподъемные стволы являются самым ответственным участком транспортной цепочки работы шахт и оснащены сложным и мощным транспортно-подъемным и путевым оборудованием. В настоящее время срок эксплуатации основного количества вертикальных стволов рудных и угольных шахт Украины превысил 30-40 лет. Их оборудование эксплуатируется в состоянии повышенного износа, превышающего порой 50-60%, значительных отклонений механических и геометрических параметров от проектных значений. Несмотря на это в последние годы наметилась устойчивая тенденция роста добычи полезных ископаемых и увеличения глубины добычи богатых месторождений. Это потребовало повышения скорости движения подъемных сосудов в стволах, а в ряде случаев и массы полезного груза по сравнению с соответствующими показателями предыдущих лет. Такое сочетание параметров повышения интенсивности работы оборудования и износа его элементов в процессе эксплуатации подъема является источником потенциальной опасности аварий с самыми тяжелыми последствиями, надолго блокирующих работу всего горнодобывающего предприятия. Обеспечение необходимого уровня его эксплуатационной безопасности требует проведения оценки состояния безопасности эксплуатации стволов и прогнозирования изменений этого состояния путем проведения комплексных обследований, которые определяют техническое состояние оборудования стволов.

Армировка стволов является одним из самых важных элементов подъемного комплекса. От его технического состояния и работоспособности зависят

эффективность функционирования всего подземного технологического оборудования, а так же безопасность механизированного спуска-подъема людей и грузов. Таким образом, одной из самых важных проблем, которые возникают в процессе эксплуатации глубоких стволов, является обеспечение надежности функционирования армировки при движении по ним подъемных сосудов в рабочих и в технологически допустимых экстремальных режимах.

На сегодня единственный способ поддержки уровня эксплуатации систем «подъемный сосуд – армировка» глубоких стволов в работоспособном состоянии заключается в выполнении ремонтных работ содержание, объемы и участки проведения которых в стволах базируются только на данных измерений отклонений профилей проводников от вертикали, выполняющиеся ежегодно на угольных шахта (согласно ПБ), или один раз в 15 лет на рудодобывающих стволах Украины (согласно с ЕПБ) и ежедневных визуальных осмотров армировки для выявления внешних нарушений узлов крепления [1].

С целью обеспечения полной и объективной оценки состояния армировки стволов, повышения надежности и достоверности контроля ее параметров, а также получения наиболее объективной информации для разработки планов ремонтных работ необходимо производить оценку такого наиболее важного эксплуатационного процесса, как динамика взаимодействия подъемного сосуда с армировкой во всех технологически возможных режимах работы подъемов [2]. Это объясняется тем, что под воздействием вышеуказанных факторов, износ армировки, как правило, сопровождается деформацией ее элементов, что прямым образом влияет на интенсивность динамического взаимодействия сосудов с армировкой. Для армировки в изношенном состоянии характерным является значительное снижение ее несущей способности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Статические вертикальные и горизонтальные деформации проводников и расстрелов, возникают от действия вертикального и горизонтального сдвигения горных пород околоствольного массива и накапливаются медленно, годами во время эксплуатации. Динамические нагрузки возникают со стороны подъемных сосудов зависят от технологических режимов их движения. Они проявляются на каждом цикле спуска/подъема и, поэтому, для безопасной эксплуатации являются наиболее влиятельными, так как накладываются на медленно накапливающиеся во времени статические вертикальные и горизонтальные нагрузки в общем напряженно-деформированном состоянии армировки, а их уровень и внешние проявления достаточно завуалированы при осмотрах от возможностей выявления средствами службы стволового контроля шахты.

Реальное горизонтальное движение подъемного сосуда является суперпозицией горизонтальных перемещений его центра масс и поворотов вокруг центра масс при упругом, амплитудозависимом взаимодействии направляющих с проводниками армировки. Профиль проводников является кусочно-линейной функцией со ступенчатыми выступами на стыках проводниковых балок. Частота встречи направляющих с выступами и приведенная жесткость системы «направляющая – проводник» зависят от вертикальной скорости со-

суда, амплитуды выступа, мгновенного значения зазора между предохранительным башмаком, проезжающим мимо выступа и вершиной выступа (при зазоре равным нулю реализуется ударное взаимодействие башмаков с проводниками, в ином случае реализуется режим плавного движения на подпружиненных роликоопорах в пределах кинематических зазоров для башмаков скольжения).

При этом могут возникать стабильно проявляющиеся на каждом цикле подъема единичные удары в определенных точках трассы движения подъемных сосудов и вибрации, вплоть до перехода в резонансный режим. Современные подъемные сосуды с грузом имеют массу до 40-100 т. При наличии нарушений режима их движения могут развиваться горизонтальные ударные воздействия на армировку до десятка тонн, которые в определенных условиях из-за потери ее несущей способности металлоконструкций могут привести к разрушениям и авариям.

Режимом, при котором возникают наибольшие динамические перегрузки всех узлов подъемных установок (в том числе армировки стволов) является режим предохранительного (аварийного) торможения, который может произойти в любой точке ствола. При предохранительном торможении уровень динамической нагрузки проводников армировки со стороны подъемного сосуда может быть эквивалентным, или даже превышать в несколько раз уровень нагрузок, которые возникают на этом же участке ствола на рабочем режиме движения сосуда. Даже на участке ствола с плавным горизонтальным движением подъемного сосуда в рабочем режиме срабатывания предохранительного тормоза может вызывать аварийно-опасную перегрузку металлоконструкций армировки направляющими узлами подъемного сосуда. Это показывает, что для обеспечения безопасной эксплуатации подъемных установок необходимо своевременное выявление мест в стволе, на которых предохранительное торможение подъемной машины может неожиданно создать угрозу безопасности эксплуатации.

В связи с масштабностью ситуации, сложившейся на шахтах Украины, возникает необходимость разработки новых методов определения технического состояния армировки в экстремальных режимах работы подъемной установки.

Цель исследований заключается в разработке метода диагностирования состояния систем «подъемный сосуд – армировка» вертикальных стволов в экстремальных режимах работы шахтных подъемных установок, вызванных предохранительным торможением подъемных сосудов.

При осуществлении спуска – подъема грузов подъемные сосуды совершают пространственное движение в пределах кинематических зазоров с проводниками армировки. Во время предохранительного торможения между сосудом и проводниками возникает режим ударно-циклического взаимодействия. При его реализации уровень максимальных контактных нагрузок достигает наибольших за цикл подъема значений. Причиной возникновения такого режима является перекачка кинетической энергии вертикального движения

сосуда, приобретенной сосудом к моменту торможения, в его горизонтальные колебания (поступательные перемещения центра масс сосуда в горизонтальной плоскости и повороты вокруг главных центральных осей инерции) при определенных сочетаниях кинематических, жесткостных и инерционных параметров системы «канат – сосуд – армировка». Иницирующим фактором для этого служит присутствующее в каждом стволе и накопленное за время эксплуатации в процессе ремонтов и сдвижки околоствольного массива пространственное искривление профиля проводников (даже в пределах допустимых при монтаже 10 мм на одном шаге ярусов армировки), вызывающее во время движения малые горизонтальные колебания сосуда.

Наибольшие динамические нагрузки испытывает армировка при срабатывании предохранительного тормоза подъемной машины на участке движения с максимальной скоростью, которое может произойти по сигналу любой из цепей защиты подъема при возникновении угрозы (реальной или ложной) аварийной ситуации. Практически, такое срабатывание может произойти в любой точке ствола. В связи с этим, для получения достоверной картины поведения конкретного подъемного сосуда при взаимодействии с армировкой целесообразно проводить исследования с аппаратурными измерениями динамических параметров подъемных сосудов и барабана подъемной машины на характерных участках, расположенных в контрольных точках верхней, средней и нижней частях ствола при спуске и подъеме сосуда с вариацией по нагрузке и начальной скорости в момент торможения.

Особенность данного метода заключается в проведении дополнительных (кроме испытаний подъема на рабочих режимах работы) испытаний системы «подъемный сосуд – армировка» в режиме предохранительного торможения и принятии значений динамических параметров системы, полученных при испытаниях (коэффициентов динамической перегрузки армировки), в качестве основных диагностических параметров для оценки технического состояния проводников и расстрелов ствола на участках с повышенным уровнем их износа.

Реализация данного метода включает следующие этапы (рис. 1): предварительная обработка данных (анализ параметров ШПУ, выбор схемы проведения динамических испытаний); проведение динамических испытаний системы «подъемный сосуд – армировка» (испытания в рабочих режимах работы подъемной машины и при предохранительном торможении); системная математическая обработка результатов динамических испытаний; разработка выводов и рекомендаций.

Основным этапом диагностирования системы является проведение ее динамических испытаний в режиме предохранительного торможения.

Параметры, подлежащие измерению.

При проведении динамических инструментальных исследований информативными параметрами, дающими достаточно полное представление о характере движения подъемного сосуда в режиме торможения являются мгновенные значения следующих величин, регистрируемых в развертке по времени: горизонтальные ускорения направляющих подъемного сосуда на его

верхнем и нижнем поясах; вертикальное ускорение подъемного сосуда; угловая частота вращения (окружная скорость) барабана подъемной машины; сигнал включения предохранительного тормоза; длина головного каната в момент торможения (координата торможения подъемного сосуда в стволе); полное натяжение головного каната; время с начала торможения.

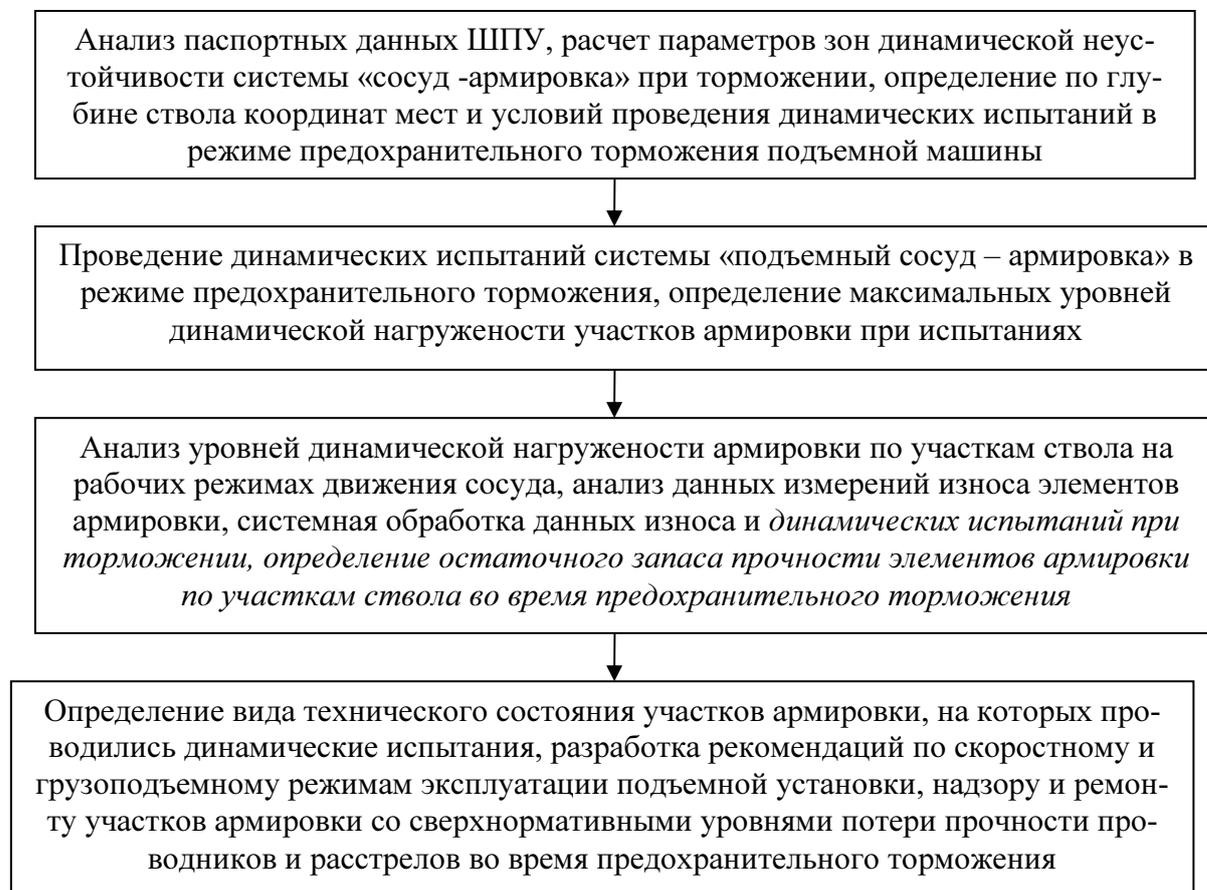


Рис. 1 – Схема проведения диагностирования систем «подъемный сосуд – армировка» при предохранительном торможении

Данная совокупность параметров обладает свойством избыточности и в конкретных условиях может быть сокращена в зависимости от технических возможностей применяемой аппаратуры в части количества одновременно измеряемых динамических параметров горизонтального движения сосуда (ускорений, контактных усилий) при соблюдении условий сохранения полноты качественной картины. Это значит, что без потери достоверности информации можно ограничиться измерениями только ускорений в лобовой и боковой плоскостях или соответствующих контактных усилий на верхнем или нижнем поясах подъемного сосуда. Информацию о вертикальном движении сосуда можно регистрировать с помощью датчиков ускорений, скорости или перемещения на сосуда, датчика натяжений каната, установленного в районе барабана, датчика угловой скорости барабана, либо датчика окружной скорости барабана с последующей математической обработкой записанных данных.

Необходимый и достаточный набор регистрируемых параметров и требования к аппаратуре должен определяться в условиях конкретного подъемного комплекса.

Динамический процесс взаимодействия сосудов с проводниками при торможении имеет многочастотный характер и является суперпозицией пространственных колебаний сосуда как твердого тела по шести степеням свободы (поступательные движения вдоль трех главных центральных осей инерции и повороты вокруг этих трех осей). Кроме того, спектр колебаний сосуда вдоль вертикальной оси содержат в себе ряд высших гармоник, вызванных влиянием распределенной массы канатов (головных и уравнивающих). Наибольший по энергетике вклад в движение сосуда имеют первые 3-5 гармоник. Анализ данных исследований, проведенных ранее в представительных условиях действующих подъемов на рабочих режимах движения сосудов, показал, что основную энергетическую нагрузку несут на себе колебания подъемных сосудов с частотой 5-7 Гц .

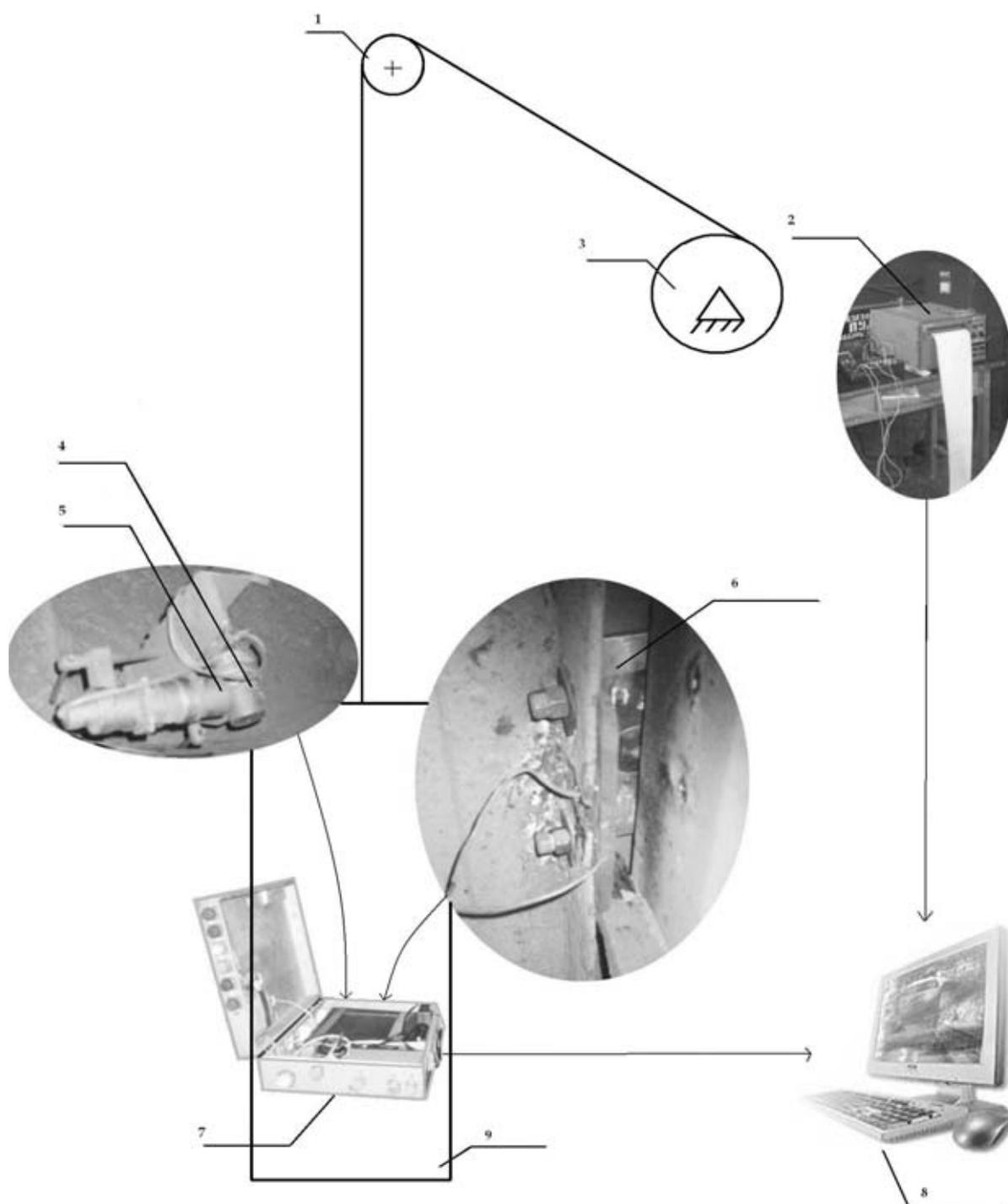
При анализе контактных усилий, действующих на проводники со стороны предохранительных башмаков было определено, что их длительность лежит в пределах 0,1-0,3 сек. Следовательно, для надежной регистрации сигналов динамических датчиков целесообразно определять частоту среза измерительной аппаратуры в 30-60 Гц, (для варианта измерения ускорений, так как собственные изгибные колебания корпуса сосуда, которые так же присутствуют в спектре колебаний измерительных датчиков ускорений направляющих и являются помехой на фоне исследуемых сигналов, имеют гораздо более высокие значения) или 100-200 Гц (для варианта измерения контактных усилий),

Амплитудные значения динамических параметров для подавляющего большинства подъемных отделений отечественных шахтных стволов лежат в следующих диапазонах: линейных *горизонтальных* ускорений направляющих ($0-10 \text{ м/с}^2$); линейных *вертикальных* ускорений направляющих ($0-5 \text{ м/с}^2$); контактных усилий ($0-90 \text{ кН}$).

Измерения производятся по схеме, представленной на рисунке 2.

Динамические измерения с любым описанным выше набором датчиков (акселерометров, силоизмерителей) проводится в 2 этапа. На первом этапе подъемный сосуд, с включенными в режим записи обоими комплектами аппаратуры (наземный и подземный), совершает в рабочем режиме, принятом для данного ствола, 3-5 полных рабочих циклов спуска – подъема (для скиповых подъемов спуск порожнего – подъем груженого скипов). Данные записываются на регистраторы комплексов и сохраняются для последующей обработки.

На втором этапе производится аналогичный цикл измерений и регистрации данных но в режиме последовательного срабатывания предохранительного тормоза при прохождении сосудом специально назначенных контрольных точек, находящихся по глубине ствола в его верхней трети, в средней части и нижней трети. Торможение осуществляется в одних и тех же точках при спуске и подъеме сосуда (для скипов при спуске порожнего и подъеме груженого скипов).



1 – копровый шкив; 2 – подъемная машина; 3 – осциллограф в машинном здании подъема; 4, 5 – датчики-акселерометры; 6 – тензодатчики, встроенные в башмаки сосуда; 7 – записывающий блок аппаратуры со встроенным компьютером; 8 – стационарный компьютер для обработки данных; 9 – подъемный сосуд

Рис. 2 – Схема динамических испытаний системы «подъемный сосуд – армировка»:

Для получения наиболее полной картины следует контрольные точки расположить с достаточной густотой по глубине ствола. Однако такие испытания создают экстремальные циклические нагрузки на канат, механическую часть подъемной машины, армировку и могут привести к снижению их циклической проч-

ности и снижению эксплуатационного ресурса оборудования, ремонт и замена которого связаны со значительными материальными затратами.

В условиях сверхнормативного износа оборудования они могут вызвать спонтанное разрушение его элементов и аварийную ситуацию на подъеме, поэтому, число экспериментов такого типа должно быть минимальным, а ТП производится с соблюдением всех необходимых требований обеспечения безопасности.

Этап обработки данных, полученных при экспериментах, является не менее важным и трудоемким в сравнении с этапом проведения измерений

Цель обработки и анализа данных измерений состоит в определении качественных и количественных отличий процесса динамического взаимодействия сосуда с армировкой во время торможения от такого же процесса во время прохождения сосудом участка торможения с постоянной скоростью в рабочем режиме. Количественно эти отличия могут быть охарактеризованы с достаточной для практической точки зрения полнотой, «коэффициентом динамической перегрузки».

Качественная характеристика процесса взаимодействия сосуда с армировкой в процессе торможения состоит в определении закона изменений максимальных амплитуд динамических параметров горизонтальных колебаний сосуда во времени и того, является ли это изменение убывающей, возрастающей, возрастающе-убывающей или постоянной во времени функцией и от каких параметров системы это зависит.

В исследуемом нами процессе взаимодействия подъемного сосуда с армировкой главным возмущающим фактором, который носит детерминированный характер во время предохранительного торможения, являются его вертикальные колебания на упругом канате.

Поэтому, для снижения количества экстремальных потенциально – опасных для безопасности подъема динамических воздействий на систему при динамических испытаниях, с достаточной для практики точностью можно ограничиться срабатываниями предохранительного тормоза в стволе во время одного цикла спуска и одного цикла подъема сосуда для каждой контрольной точки; а для последующей обработки результатов измерений по формулам описанным в работе [3] взять максимальные значения зарегистрированных во время этих торможений динамических параметров перегрузки проводников армировки.

Данный принцип обработки результатов измерений является основным и определяет все последующие операции, производимые в ее процессе.

Разработанный метод диагностирования системы «сосуд – армировка» позволяет выявить участки стволе, где срабатывание предохранительного тормоза может привести к возникновению аварийноопасной ситуации с самыми тяжелыми последствиями. Данный метод внедрен при проведении диагностики армировки в стволах ЗАО «ЗЖРК» с жесткой армировкой.

В дальнейшем представляет интерес проведение динамических испытаний и использование данного метода диагностирования в стволах с канатными проводниками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М.: Недра, 1977. – 233 с.
2. Влияние параметров аварийного торможения подъемной машины на динамику системы «сосуд – армировка» // Горная электромеханика и автоматика: Межвед. науч.-техн. сб. – 1999. – Вып. 2 (61). – С. 52-57.
3. Самуся В.И., Ильина И.С. Методика и проведение экспериментальных исследований взаимодействия шахтных подъемных сосудов в режиме торможения с проводниками жесткой армировки вертикальных стволов в промышленных условиях // Вісник НТУУ «КПІ»: Гірництво. №11. – К., 2004. – С. 57-64.

УДК 622.411.332.023.623: 622.831

Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва
(Институт физики горных процессов НАН Украины),
В.К. Костенко, А.Е. Кольчик (ДонНТУ)

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Наведено аналіз впливу підземної розробки вугільних пластів на навколишнє середовище, результати математичного моделювання та лабораторних досліджень.

THE REDUCTION OF HARMFUL INFLUENCE OF UNDERGROUND WORKING OF COAL DEPOSITS ON THE ENVIRONMENT

The analysis of influence of underground working of coal seams on the environment; the results of mathematical modeling and laboratory research have been given.

Основными факторами, определяющими степень геомеханических преобразований подрабатываемого горного массива и поверхности земли, являются: размеры выработанного пространства, глубина разработки пласта, его мощность и угол падения, прочность пород непосредственной и основной кровли, угол внутреннего трения пород и некоторые другие их механические характеристики [1-5].

По интенсивности проявления геомеханических преобразований горного массива и земной поверхности выделяют следующие типы [1, 2].

- перемещения с сохранением сплошности массива без образования зоны обрушения над пластом (очень легкий тип);
- перемещения с нарушением сплошности массива и образованием плавной мульды оседания на поверхности (легкий и средний тип преобразования);
- перемещения с образованием трещин разлома слоев и выходом их на земную поверхность при подработке пологими пластами (тяжелый тип преобразований);
- перемещения с образованием трещин расслоения и уступов на земной поверхности при подработке крутыми пластами (тяжелый тип преобразований);
- образование отдельных воронок и провалов на земной поверхности (очень тяжелый тип преобразования).

Наибольшие геомеханические преобразования происходят при 3-5 типах проявлений подработки горного массива и земной поверхности. При этом геомеханические преобразования приводят к нарушению структуры и порис-