

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ СТВОЛОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Представлені методичні положення щодо керування технічним станом підземного обладнання шахтних підймальних комплексів на базі реалізації сучасних методів та засобів оптико-візуальних оглядів, випробувань та діагностики устаткування вертикальних стволів шахт, що перебувають в умовах тривалої експлуатації відповідно до постанови кабінету Міністрів України № 687 від 26.05.04.

**MANAGEMENT BY THE TECHNICAL STATE OF TRUNK EQUIPMENT
OF MINE LIFTING COMPLEXES DURING THE PROTRACTED
EXPLOITATION**

Methodical positions on the management by the technical state of underground equipment of mine lifting complexes on the basis of realization of modern methods and tools of optic-visual examinations, tests and diagnostics of equipment of the vertical mine trunks found in the conditions of the protracted exploitation in accordance with positions of on of cabinet of Ministers of Ukraine are represented № 687 from 26.05.04.

Шахтные стволы, как составная часть горнорудных предприятий с подземным способом добычи полезного ископаемого, представляют собой объекты повышенной эксплуатационной опасности. Любая авария в стволе сопряжена с неизбежными остановками всего технологического цикла добычи и доставки полезного ископаемого и значительными финансовыми убытками предприятия. В самом худшем случае жертвами аварии в стволах становятся находящиеся в клетях горнорабочие. На решение проблем нацелено Постановление кабинета Министров Украины № 687 об утверждении «Порядка проведения осмотров, испытаний и технического диагностирования машин, механизмов, оборудования повышенной опасности», которое вступило в силу в мае 2004 года.

К объектам повышенной опасности относится и оборудование шахтных подъемных комплексов, в том числе подземное, размещаемое в шахтных стволах. Действующими Правилами безопасности в угольных шахтах предусмотрен ежегодный поярусный контроль профиля проводников и износа элементов жесткой армировки вертикальных стволов. Однако данные виды контроля в сложных горно-геологических условиях, связанных с подвижкой околоствольного массива, не обеспечивают получение достоверной оценки состояния армировки и ее фактической остаточной несущей способности в условиях эксплуатационных нагрузок со стороны скипов, клетей и контрвесов. Это особенно сильно проявляется при необходимости изменения скорости движения сосудов и массы поднимаемых грузов. При этом результаты исследований показывают, что не только увеличение скорости движения подъемного сосуда или массы полезного груза, но и уменьшение любого из этих параметров на определенную величину, зависящую от сочетания всех динамических параметров звеньев подъ-

емной установки, может привести к переходу динамических систем подъема в аварийно опасный режим взаимодействия.

На решение этих вопросов направлены разработанные в ИГТМ НАН Украины методы оперативного контроля и управления техническим состоянием стволового оборудования шахтных подъемных установок. В дополнение к традиционной методике визуального осмотра, измерения износа проводников и расстрелов ручным инструментом, эти методы включают, в качестве обязательного элемента, поярусную фиксацию данных экспертного обследования элементов армировки и крепи ствола с помощью аудио- и видео техники, составление на ее основе дефектных ведомостей по ярусам армировки, периодическое проведение по специальным программам, индивидуально разрабатываемым для каждого ствола, динамических испытаний с применением специализированного программно – аппаратного комплекса «ТЕХНО-МАК», современных методов математической обработки данных, прочностных расчетов, статистического, факторного и функционально-стоимостного анализов данных измерений параметров пространственной профилировки системы проводников в каждом отделении ствола. На основе полученных результатов производится оценка текущего технического состояния оборудования ствола и разрабатываются методы и средства его перевода в состояние с более высоким уровнем эксплуатационной безопасности.

Данные методы содержат в качестве обязательного компонента этап аппаратных испытаний с непрерывной регистрацией динамических параметров взаимодействия сосудов с армировкой на встроенную ПЭВМ комплекса «ТЕХНО-МАК» в течение 12-ти ... 18-ти рабочих циклов (1,5...2-х часов работы сосуда) с вариацией по скоростям движения и загрузке, а также испытания в экстремальных режимах работы при аварийном торможении сосуда.

В соответствии с разрабатываемой для каждого ствола «Рабочей методикой обследования» могут проводиться:

– **экспресс-испытания** с измерением горизонтальных и вертикальных ускорений направляющих подъемных сосудов с привязкой данных измерений ко времени движения в цикле и/или глубинной отметке в стволе. Они могут проводиться как при армировке с рельсовыми, так и коробчатыми проводниками (монтаж аппаратуры занимает около 0,5-0,8 часа, демонтаж – до 0,3 часа). Этот вид испытаний позволяет за короткое время получить исходные данные для быстрого автоматизированного *расчета оценочных значений контактных нагрузок* на проводники и прочностных расчетов армировки, дает расшифровку распределения динамической нагруженности армировки по глубине ствола;

– **расширенные испытания** с непосредственным измерением контактных усилий между башмаками сосуда и проводниками. Могут применяться только для коробчатых проводников (монтаж аппаратуры занимает около 1,5 - 2-х часов, демонтаж – до 1 часа). Они позволяют определить уточненные значения максимальных контактных нагрузок на проводники для расчета напряжений и деформаций в узлах армировки, остаточных запасов прочности с учетом ее износа;

– **комплексные испытания** с одновременным измерением горизонтальных и вертикальных ускорений направляющих подъемных сосудов и контактных

усилий между башмаками и проводниками. Могут применяться только для коробчатых проводников (монтаж аппаратуры занимает около 2,5 часов, демонтаж до 1,5 часов). Позволяют получить комплексную динамическую картину работы системы «сосуд-армирование» со спектральной характеристикой режимов взаимодействия;

– **испытания на экстремальные нагрузки**, проводимые в режиме аварийного торможения подъемных сосудов при всех описанных выше способах измерения динамических параметров взаимодействия сосудов с армировкой. Позволяют определить уровень динамической перегрузки участков армировки ствола при срабатывании аварийного тормоза подъемной машины по сравнению с уровнем динамического нагружения при обычном рабочем режиме движения;

– **математический компьютеризированный анализ профилировок** по участкам ствола для выявления параметров проводников, приводящих к возникновению повышенных динамических нагрузок. Позволяет по участкам ствола выявить сочетания геометрических параметров системы проводников одного отделения, вызывающие повышение динамических нагрузок на проводники;

– **системный компьютеризированный анализ данных испытаний и расчетов**, позволяющий получить исходные данные для экспертной разработки рекомендаций по надзору и обслуживанию армировки.

Применение данной технологии в скиповых, клетевых и контрвесных отделениях стволов позволяет:

– оперативно выявлять и локализовать по глубине ствола потенциально-опасные и аварийно-опасные для эксплуатации участки армировки ствола в зависимости от скорости и режимов работы сосудов, износа металлоконструкций армировки;

– разрабатывать рекомендации по ремонту армировки на выявленных участках и определять степень его очередности в зависимости от режимов эксплуатации подъема для поддержания на требуемом уровне безопасности; исключать необоснованные сплошные замены проводников и расстрелов на основе объективной локализации участков ствола с параметрами профиля проводников, уступами на стыках, вызывающими опасные динамические перегрузки при движении подъемного сосуда.

Работы по обследованию армировки стволов и другого вспомогательного оборудования в конечном итоге направлены на разработку и реализацию мероприятий по управляемому переводу работоспособности армировки на более высокий уровень эксплуатационной безопасности. Решению этой задачи подчинены все составные части технологии обследования шахтных стволов.

Первая часть работ заключается в проведении *оптико-визуального осмотра* ствола (частичного технического осмотра) бригадой специалистов, оснащенных специальными инструментами для определения остаточной толщины металлоконструкций проводников и расстрелов, прочности соединений, уступов на стыках проводников, состояния крепи стволов, а также средствами документирования результатов осмотра с адресной привязкой к глубинным отметкам либо номерам ярусов армировки.

На этом этапе составляется предварительная, но достаточно объективная, картина технического состояния стволового оборудования, выявляются узкие места, обычно выпадающие из поля внимания обслуживающего персонала шахты. На основании обработки результатов такого осмотра, проведенного с привлечением средств аудио- и видеозаписи, составляются «дефектные ведомости», определяющие дефекты – факты близкого к сверхнормативному значению снижения остаточной толщины металла стенок проводников и расстрелов, обычно скрытых под толстым слоем коррозионных наслоений и не выявляемых при ежесуточных осмотрах, факты первичных микро- и макротрещин по сварным швам, локальных вмятин или механического истирания проводников на коротких участках и т.п.

Такие факты, представляющие общую картину работы системы «сосуд - армировка», указывают на неблагоприятный характер воздействия сосуда на армировку и говорят о необходимости проведения более углубленного обследования ствола с привлечением аппаратурных средств динамических испытаний для детализации картины динамического нагружения армировки по отдельным участкам и ранжированию этих участков по уровням нагруженности.

Вторым этапом работ являются *динамические испытания* армировки, которые проводятся для детализации картины динамического нагружения армировки по отдельным участкам ствола и ранжированию этих участков по уровням нагружения. *Испытаниями* являются работы, заключающиеся в экспериментальном определении количественных характеристик оборудования. Осмотр и испытания в своей совокупности составляют комплекс работ, называемый «полным техническим осмотром оборудования» или «контролем технического состояния оборудования».

Динамические испытания проводятся на рабочих скоростных режимах движения подъемных сосудов, а так же при вариации скоростей движения на достаточно представительной выборке циклов спуска/подъема (как правило 6-18 циклов) для выявления всех статистически обоснованных параметров цикличности силового нагружения армировки. Испытания проводятся специализированной лабораторией диагностики ИГТМ НАН Украины, имеющей разрешение органов Госстандарта и Госнадзорохрантруда Украины, с применением портативной, метрологически аттестованной Госстандартом Украины, измерительной аппаратуры «МАК», разработанной ИГТМ НАН Украины. Кроме того, для определения работоспособности системы «сосуд - армировка» в условиях экстремальных нагружений выборочно, на специальном образе определенных участках, должны проводиться динамические испытания взаимодействия сосудов с армировкой в режиме срабатывания предохранительного тормоза. Этот вид испытаний позволяет установить уровень динамической перегрузки системы «сосуд-армировка» в аварийном режиме по сравнению с обычным рабочим и получить данные для последующей оценки остаточной прочности элементов армировки на участках с повышенным уровнем износа металлоконструкций.

Как известно, основным источником возникновения повышенных динамических нагрузок на армировку со стороны движущихся подъемных сосудов на от-

дельных участках ствола при прочих одинаковых условиях является искривленность проводников, которая характеризуется таким параметром как «кривизна», вычисляемым по данным профилировки, а также расчетными геометрическими параметрами взаимного пространственного расположения пар проводников одного стволового отделения. Проводимые с определенной периодичностью измерения геометрических отклонений проводников от вертикали также можно отнести к этапу испытаний (согласно положениям Постановления № 687), но назвать их следует «геометрическими» или «статическими» испытаниями, в отличие от описанных выше «динамических». Поэтому **третьим этапом** работ является проведение *периодических измерений геометрических отклонений*.

Совместный анализ результатов математического анализа динамических и геометрических параметров на одних и тех же участках ярусов позволяет вполне объективно установить их причинно-следственную связь и разработать мероприятия по снижению уровня динамических нагрузок в системе «сосуд-армировка» путем расчета совместной коррекции проводников подъемного отделения ствола.

Объективное выявление остаточного ресурса по несущей способности армировки в условиях конкретных технологических режимов, характеризующихся скоростью и грузоподъемностью подъемных сосудов, реализуется на **четвертом этапе** работы. Оно заключается в проведении *деформационно-прочностных расчетов* параметров проводников и расстрелов, определении их остаточных запасов прочности и динамических прогибов, оценке их по предельным состояниям на основании данных измерений остаточной толщины проводников и расстрелов и результатов поярусных измерений динамических нагрузок на проводники.

Следующим, **пятым этапом** информационного расширения этих работ, является этап *технического диагностирования*. Он предполагает, в конечном итоге, разработку прогноза долговечности работы армировки в зависимости от принятых режимов эксплуатации подъема.

На этом этапе выявляются самые слабые звенья и участки ярусов армировки и накапливается информация для определения первоочередных ремонтных работ в стволе при выбранном технологическом режиме эксплуатации. Поскольку динамические испытания проводятся с вариацией по скорости и нагрузке подъемного сосуда, то на этом же этапе выявляются и допустимые скоростные режимы работы подъема, в зависимости от полезной грузоподъемности сосуда обеспечивающие эксплуатацию армировки с заданными проектными запасами деформационно-прочностных параметров в конкретных условиях шахтного ствола.

На **шестом этапе** работ проводится совместный анализ данных математической обработки профилировок, контактных нагрузок, остаточных запасов прочности и деформаций металлоконструкций и комплексно *разрабатываются мероприятия по управлению работоспособностью* армировки с целью ее сохранения на данном уровне или перевода на более высокий уровень эксплуатационной безопасности.

В качестве управляющих мероприятий могут выступать различные измене-

ния технических и технологических параметров системы подъема и их сочетания. Например: специальная коррекция профиля проводников на определенных участках ствола с учетом их реального пространственного взаимного расположения и искривления оси ствола, реконструкция; изменение параметров или применение другого типа амортизирующе-демпфирующих устройств сосудов для снижения контактных нагрузок; упрочнение конструкции расстрелов с учетом их фактического изношенного и деформированного состояния; выборочная или полная замена проводников на более прочные и износостойкие; снижение скорости подъема, снижение массы полезного груза, изменение рабочей диаграммы скорости подъема и прохождения сосуда определенными участками ствола и т.п. В каждом конкретном случае вопрос решается с учетом технико-экономических показателей и возможностей предприятия.

На **седьмом этапе** работы проводится совместный анализ данных о скорости коррозии, износе проводников и расстрелов подъемных отделений с данными по зафиксированному на момент обследования запасу прочности, на основании чего *составляется прогноз* изменения несущей способности армировки во времени в принятом режиме эксплуатации. Этот прогноз будет справедлив только в рамках технологического режима (определяемого по показателям скорости, массы сосудов, профиля проводников) и не может являться гарантией сохранения запасов прочности и безопасности при изменении хотя бы одного из указанных параметров. Такое положение требует проведения внеочередных специальных обследований, включающих как аппаратные испытания, так и экспертные обследования и анализ условий эксплуатации при смене технологических режимов работы подъема.

Изложенный порядок действий может быть определен схемой, представленной на рис. 1. Автоматизация этого процесса с применением компьютерных средств возможна с применением специальной системы «СКУТУР ШПУ», представленной в работе [1].

Таким образом, на сегодняшний день можно считать достаточно полно разработанной научно-техническую и технологическую базу по вопросам определения и управления состоянием оборудования армировки шахтных стволов. Однако в настоящее время еще не в полной мере проработаны методические, нормативные и другие документы, которые должны выйти во исполнение Постановления № 687 и полностью определять порядок, состав и методики при оборудовании шахтного ствола во всех его составляющих (крепи, армировка, подъемные сосуды, вспомогательное оборудование), в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации. Единственными на сегодняшний день документами, которые закладывают основу единой методической и организационной системы контроля и управления безопасностью эксплуатации шахтных стволов, являются документы [2, 3]. В них изложены общие положения, определяющие состав и порядок проведения обследований, испытаний и диагностики оборудования шахтных вертикальных стволов.

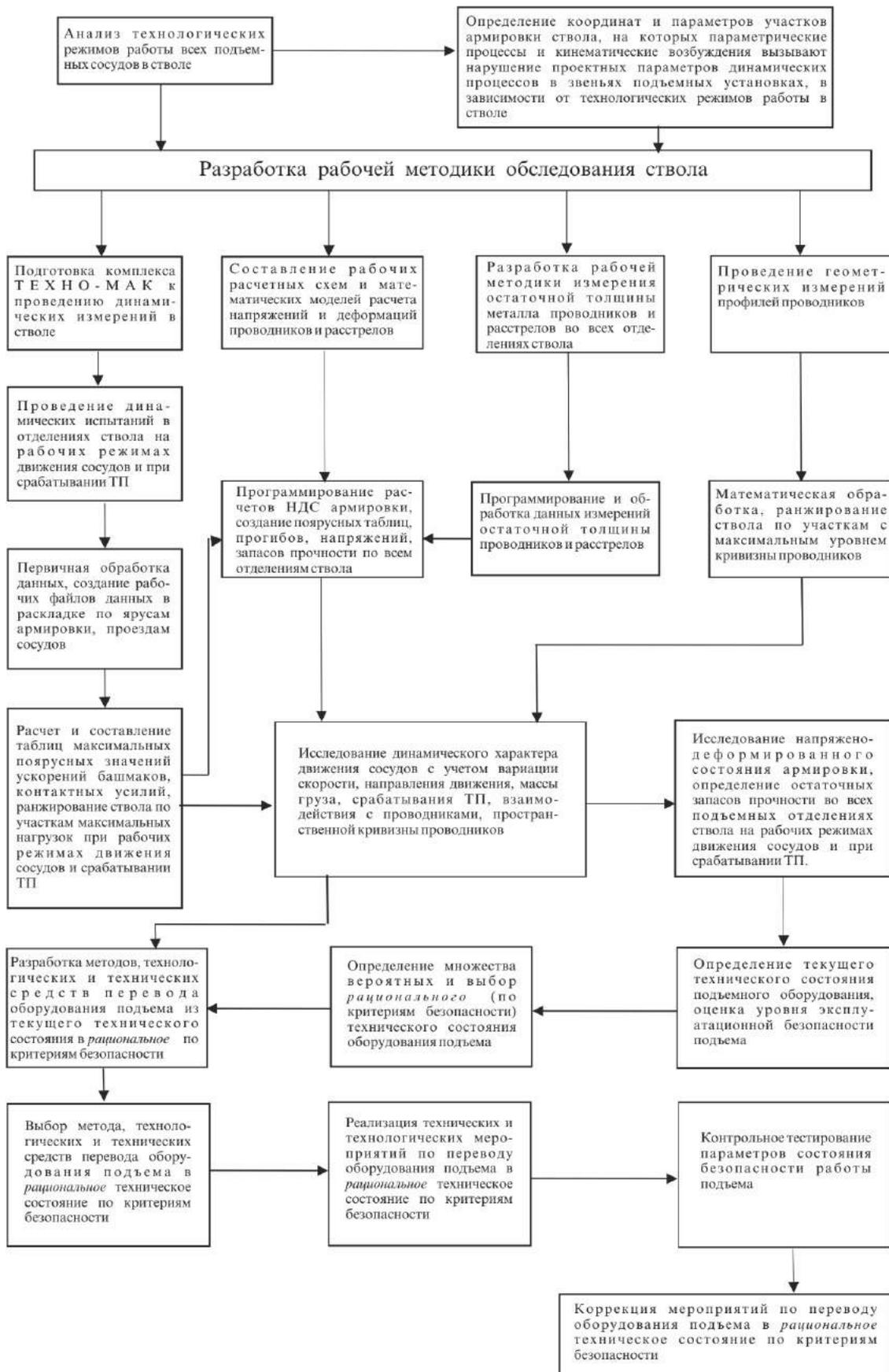


Рис. 1 – Информационная схема управления техническим состоянием стволового оборудования ШПУ

Такое положение требует привлечения более пристального внимания органов Госнадзорохрантруда к работам, связанным с оперативным и своевременным обследованием и определением технического состояния ствлового оборудования, объективным установлением фактического уровня его эксплуатационной безопасности с применением наиболее современных информационных технологий, технических средств, нормативного, научного, методологического и организационного обеспечения, с проведением систематических, планомерных мероприятий по приведению ствлового оборудования в требуемое техническое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин С.Р. Компьютерная система контроля за техническим состоянием оборудования шахтных подъемных установок с длительными сроками эксплуатации/ ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов. Вып. 41, 2003 – С. 97-102.
2. Діагностика стану систем „кріплення-масив” та „підйомна посудина-жорстке армування” шахтних стовбурів. Порядок та методика виконання. Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Міністерство промислової політики України, ГР 3-032-2004. Утверждено распоряжением первого заместителя министра Министерства промышленной политики от 02.04.04 №24. Согласовано первым заместителем председателя Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда Украины. Киев. 2004. - 40 с.
3. Порядок и организация обследования состояния безопасности эксплуатации шахтных стволов. Утверждено начальником Главного управления горнорудной промышленности Министерства промышленной политики Украины, директором института геотехнической механики НАН Украины, Киев-Днепропетровск, 2002. – 20 с.

УДК 622.411

Канд. техн. наук М.С. Кузьменко (МакНДІ),
канд. техн. наук Р.І. Мануйленко (ІПММ)

ВПЛИВ ЗВОЛОЖЕННЯ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ГІРНИЧОГО МАСИВУ

Исследовано влияние увлажнения угольного пласта на напряженно-деформированное состояние углепородного массива. Проведен сравнительный анализ напряженного состояния угольного пласта и окружающих пород в случае сухого и увлажненного угля, построены графики напряжений.

THE INFLUENCE OF DAMPING COAL-SEAM TO THE STRESS-STRAIN STATE OF THE ROCK MASSIF

The influence of damping of coal on stresses and strains in rock massif is investigated. The analysis of stress-deforming state of coal and rocks for damping coal and dry one is given, graphics are built.

Численними результатами робіт вітчизняних і закордонних дослідників встановлено, що процеси деформування гірничого масиву відбуваються як у підтримуваному призабійному просторі, так і перед вибоєм. Від результатів цих процесів прямо залежать вивалоутворення, що, у свою чергу, обумовлює значний рівень травматизму при вийманні вугілля та закріпленні, особливо в лавах, обладнаних індивідуальним кріпленням.