

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

У статті представлений огляд робіт з автоматизації контролю технічного стану підйомних установок і запропонована загальна концепція створення комп'ютерної системи, що включає стаціонарні і мобільні технічні засоби збору даних, математичне і програмне забезпечення для їхньої системної обробки, прогнозу змін стану елементів устаткування і видачі рекомендацій з попередження аварій на підйомі в умовах тривалої експлуатації.

THE COMPUTER SYSTEM OF THE CONTROL BEHIND AVAILABILITY INDEX OF PRODUCT OF THE EQUIPMENT OF MINE WINDING PLANTS WITH LONG TERMS OF EXPLOITATION

In the article the review of activities on automation of the control of availability index of product of winding plants is submitted and the general concept of creation of the computer system including fixed and mobile means of data acquisition, mathematical and software for their system processing, forecast of state transitions of equipment components and issue of the guidelines on warning emergencies on rise in conditions of long-lived exploitation is offered.

В условиях интенсивной эксплуатации высоконагруженных транспортных цепочек рудных и угольных шахт Украины обеспечение безопасности их эксплуатации является проблемой первостепенной государственной важности. Компьютерный контроль за наиболее важными показателями работы основного оборудования применяется за рубежом уже более двух десятков лет [1]. В отечественных условиях такие системы нельзя встретить даже на самых обеспеченных горнодобывающих предприятиях. В то же самое время их создание является одной из самых актуальных народнохозяйственных задач для горнодобывающей промышленности Украины в силу повышенного износа и аварийной опасности эксплуатируемого оборудования.

В 1978-82 гг. в институте НИИАЧЕРМЕТ (г.Днепропетровк) под руководством канд. техн. наук Масляного А.С. были созданы первые в СССР цифровая станция «Саксагань-2», для контроля работы наземного оборудования подъемного комплекса и цифровая станция управления скиповой подъемной установкой «САУ-ШПУ» [2]. Они были изготовлены в ограниченном числе экземпляров. Ряд из них успешно проработал несколько лет (один на ш. Орджоникидзе ПО Кривбассруда до 2001 г.), но предполагавшееся для них программное обеспечение для оптимального управления приводом так не было доведено до серийного применения. В настоящее время это оборудование демонтировано и нигде не применяется.

Большую работу в этом же направлении для угольной промышленности провели специалисты НИИГМ им. М.М.Федорова. Работе [3] описан общий вариант структурной модели комплекса мониторинга технического состояния подъемных установок. Донецким политехническим институтом и Новокрама-

торским машиностроительным заводом был разработан комплекс автоматизированного контроля и диагностики шахтных подъемных установок [4].

Со второй половины 80-х годов в Институте геотехнической механики НАН Украины под руководством автора данной статьи выполнялись исследования, направленные на разработку автоматизированной компьютерной системы телеметрического контроля, управления и диагностики оборудования шахтных подъемных установок нового типа для карьерных наклонных подъемников предприятий цветной металлургии Сибирского региона и сверхглубоких вертикальных подъемов Норильска. В последующие годы, на их основе была выполнена разработка автоматизированной системы диагностики для применения на шахтах Министерства угольной промышленности Украины (АС «ТЕРАКОД»). Система предполагала осуществление непрерывного компьютерного контроля за состоянием подземного оборудования подъемных установок с применением радиопередачи телеметрической информации с движущихся подъемных сосудов в управляющий компьютер, расположенный на пульте машиниста подъемной машины, в частности, контактных нагрузок на проводники со стороны башмаков скольжения подъемных сосудов, натяжений головных канатов и ряда других технологических параметров. Было разработано техническое задание, утвержденное в установленном порядке, первичное методическое и программное обеспечение. Однако в силу экономических причин того времени радиотелеметрический блок передачи данных не был доведен до реализации требуемых показателей по объему и быстродействию передачи информации. Даже сейчас самые современные зарубежные системы контроля обеспечивают передачу телеметрических данных только со скоростью 10 опросов в сек, что в несколько десятков раз ниже требуемой для динамического контроля, и надежно работают в шахтных стволах только до глубины 600 м [5]. Остальная часть системы нашла свое применение в последующие годы при создании технологии экспресс-диагностики стволового оборудования на базе портативного варианта измерительной аппаратуры, совместимой с персональными ЭВМ, изготовленной из стандартных импортных микропроцессорных модулей (Notebook + Dac-Pad71 + динамические датчики + путевые датчики) для нужд горнорудной промышленности Украины (программно-аппаратные комплексы МАК-1 и МАК-2).

За последние десять лет, благодаря совместным работам ИГТМ НАН Украины и органов Госнадзорохрантруда в Криворожском регионе, накоплен значительный опыт инструментальных обследований и оценки состояния оборудования вертикальных рудоподъемных стволов, основанный на применении компьютерных технологий анализа данных и портативных микропроцессорных технических средств сбора и регистрации измерительной информации. Технология показала свою высокую эффективность, ее результаты в отдельных случаях позволили разработать и практически реализовать рекомендации, значительно повышающие производительность работы подъемных установок без снижения уровня эксплуатационной безопасности в сложных горно-геологических условиях сдвигения горных пород в околоствольном массиве.

Это создает предпосылки для создания более общей отечественной системы электронного контроля за работой всего подъемного комплекса на базе применения самого современного методического, математического, технического и программного обеспечения путем объединения систем контроля за наземным и подземным оборудованием ШПУ. Условно он может быть назван как «Система контроля и управления текущим уровнем работоспособности шахтной подъемной установки» (СКУТУР-ШПУ). Базой для работы комплекса в части контроля за работой подземной части оборудования ШПУ может быть АС «ТЕРАКОД». Если подземное оборудование подъема по условиям состояния армировки не требует непрерывного контроля, то такой контроль может быть осуществлен периодически с заданным интервалом времени, а так же после проведения реконструкций и ремонтных работ в стволе. Для этого случая целесообразно применять автономные портативные измерительные станции, например типа МАК-1 и МАК-2, измеряющие контактные нагрузки в парах «башмак-проводник» или горизонтальные ускорения направляющих сосуда (или и то и другое одновременно) в рабочих режимах движения сосудов и при аварийном торможении. Записанные ими данные могут передаваться в центральную управляющую ПЭВМ АС «ТЕРАКОД» для накопления и аналитической обработки.

В задачи комплекса СКУТУР-ШПУ входит непрерывное автоматическое слежение за текущими параметрами работы всех основных механизмов, обслуживающих работу подъема, анализ их изменения, сравнение с допускаемыми пределами для каждого из параметров в отдельности, системный анализ изменения совокупности ответственных параметров и автоматический прогноз уровня аварийности возникающих ситуаций путем сравнения оперативной информации с данными базы «эталонных моделей», выдача управляющих решений (рекомендаций) персоналу и автоматическое отключение аварийно-опасных звеньев транспортной цепочки для устранения аварийной опасности.

Для формирования общей концепции работы этого комплекса введем понятие «текущего уровня работоспособности шахтной подъемной установки» (ТУР ШПУ) как вектора, компонентами которого являются «текущие уровни работоспособности» главных элементов подъема, работоспособность которых главным образом определяет работоспособность всего подъемного комплекса (ТУР_{*i*} ШПУ). Здесь $i = 1, \dots, n$, где n – число главных элементов установки, подлежащих контролю.

Введем понятие «заданного уровня работоспособности» (ЗУР) установки как n -мерного вектора с компонентами в виде заданных уровней работоспособности главных элементов установки (ЗУР_{*i*}). Обозначим через (МОЭ) – множество основных (главных) элементов подъемной установки, чья работоспособность которых главным образом определяет работоспособность всего подъемного комплекса с компонентами (МОЭ_{*i*}). Размерность множества (МОЭ) равна n .

Если исходя из физической сущности процессов, протекающих в элементах МОЭ_{*i*} во время их работы, определить степень зависимости работоспособности

всей системы от работоспособности каждого из них и ввести понятие весового коэффициента (КВ) (коэффициента влияния КВ МОЭ_i на ТУР ШПУ) каждого из элементов МОЭ_i, то можно ввести понятие интегральной оценки текущего (ТУР) и заданного (ЗУР) уровней работоспособности подъемной установки, как оператора, определенного на множествах (ТУР ШПУ) и (ЗУР ШПУ) в виде:

$$\begin{aligned} L(\{KB_{MOЭ}\} \cdot \{ТУР_{ШПУ}\}) &= In_{ТУР_{ШПУ}} \\ L(\{KB_{MOЭ}\} \cdot \{ЗУР_{ШПУ}\}) &= In_{ЗУР_{ШПУ}} \end{aligned}$$

где $In_{ТУР_{ШПУ}}$ и $In_{ЗУР_{ШПУ}}$ – числа, отражающие интегральные оценки текущего и заданного уровней работоспособности в некоторых относительных единицах, например – процентах. При этом, $In_{ТУР_{ШПУ}}=100\%$ соответствует идеальному протеканию основных физических процессов в элементах (МОЭ). Например, для динамических усилий в канатах это будет соответствовать бесколебательному процессу с квазистатическим монотонным изменением усилия, пропорционально ускорению системы. $\{KB_{MOЭ_{ij}}\}$ – вектор весовых коэффициентов, $\{ТУР_i \ ШПУ\}$ – матрица-строка текущих уровней работоспособности главных элементов ШПУ.

Значения $KB_i \ ШПУ$ могут быть определены различными способами, например, экспертным путем или в зависимости от возможных убытков при выходе из строя данного главного элемента.

Величина $In_{ЗУР_{ШПУ}}$ соответствует уровням работоспособности элементов МОЭ_i ШПУ, при которых параметры каждого из физических процессов в элементах не выходят за допустимые пределы с учетом существующих нормативных запасов. Например, для процесса скольжения канатов по шкиву его ЗУР_i ШПУ соответствует сохранению отношения усилий в грузовой и порожней ветвях в 1.2 раза меньших предельно допустимого по условию Эйлера.

Целесообразно введение двух уровней задания $In_{ЗУР_{ШПУ}}$:

- 1-й уровень соответствует работе системы с параметрами процессов, находящимися достаточно далеко от зоны возможного возникновения аварийных ситуаций;

- 2-й уровень соответствует так называемой «зоне риска», в которой некоторые из параметров приближаются к границе зоны аварийных ситуаций на 15-20% и при случайных возмущениях в системе могут очень быстро или спонтанно в нее перейти.

Во 2-й зоне установка еще сохраняет допустимую работоспособность, однако выход в нее требует особого внимания контролирующей системы, а при профилактических осмотрах оборудования его мелкого ремонта или наладки с целью возврата параметров процессов в 1-ю зону. В пределах 2-й зоны еще сохраняется возможность оперативной корректировки параметров процессов средствами автоматизированной системы управления или персоналом ШПУ. В силу введенных определений можно составить следующий обобщенный алгоритм функционирования СКУТУР ШПУ, представленный блок-схемой на рис.1.

Этот алгоритм носит достаточно общий характер и может быть применен для контроля и за локальной группой оборудования и за достаточно широкой группой функциональных звеньев ШПУ. Блоки 4, 5, 7 и 10 представляют собой программный комплекс оперативной диагностики текущего состояния системы и выработки команд, блок 19 - его аппаратный компонент. Блок 25 представляет собой программную реализацию углубленной диагностики на случай аварийных ситуаций, когда параметры системы выходят за пределы второй зоны по уровню работоспособности установки.

Блоки 2 и 3 в совокупности с 4, 5, 7, 25 представляют собой программный анализатор углубленного диагностирования, реализующийся для специальных тестирующих режимов движения ШПУ в которых все наиболее важные динамические процессы проявляются наиболее сильно и все намечающиеся в системе нежелательные отказы, становятся заметными для программного анализатора диагностической системы. Например, для процесса взаимодействия сосуда с проводниками таким нежелательным процессом может быть проявление в общей картине гармонических колебаний системы гармоник, соответствующих появлению параметрического резонанса на определенных скоростях движения сосудов, способного привести к разрушению армировки и аварии на подъеме.

Для надежного определения типа нештатной ситуации средствами программного обеспечения база «эталонных моделей», должна быть достаточно обширной и содержать модели, которые описывают динамическое поведение системы в определенном наборе ситуаций. Например, для подсистемы «сосуд-армировка» одной из них может быть модель поведения сосуда при наезде на одиночный уступ на стыке проводников. Она должна быть реализована в виде выборки расчетных данных, соответствующих динамическим параметрам, регистрируемым измерительной аппаратурой. Обработка блоком программного анализа данных измерений в сравнении с данными расчета позволит автоматически выделить в сделанных аппаратурой записях участки ствола и отдельные яруса, где характер изменения параметров движения сосуда будет максимально близок к характеру движения, соответствующему выбранной «эталонной модели». Своевременное, упреждающее выявление проявляющихся тенденций в отклонении свойств элементов конструкций, позволит заранее устранить намечающуюся неисправность и избежать серьезной аварии при работе подъема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Börje Johanson. ABB mine hoist technology recent developments. //Zeszty naukowe politechniki slaskiej. S. GORNICTVO. z.193. International seminar on shaft hoisting technology. Glivice. – 1990. –pp.83-98.
2. А.С.Масляный и др. Средства микропроцессорной техники для управления шахтными подъемными и вентиляторными установками. //Горный журнал. №12. 1985. – с.16-19.
3. А.Н.Коваль. Комплекс диагностики и мониторинга технического состояния подъемных установок горных предприятий. //Горная механика. Донецк. – 1993. – с.197-202.
4. Е.С. Траубе. Комплекс автоматизированного контроля и диагностики шахтных подъемных установок. //Изв. ВУЗов. Горный журнал. №11. 1992. -с.64-68.
5. Technology to reduce mine hoisting accidents // Engineering & mining journal, December 1999, 30-31 p.

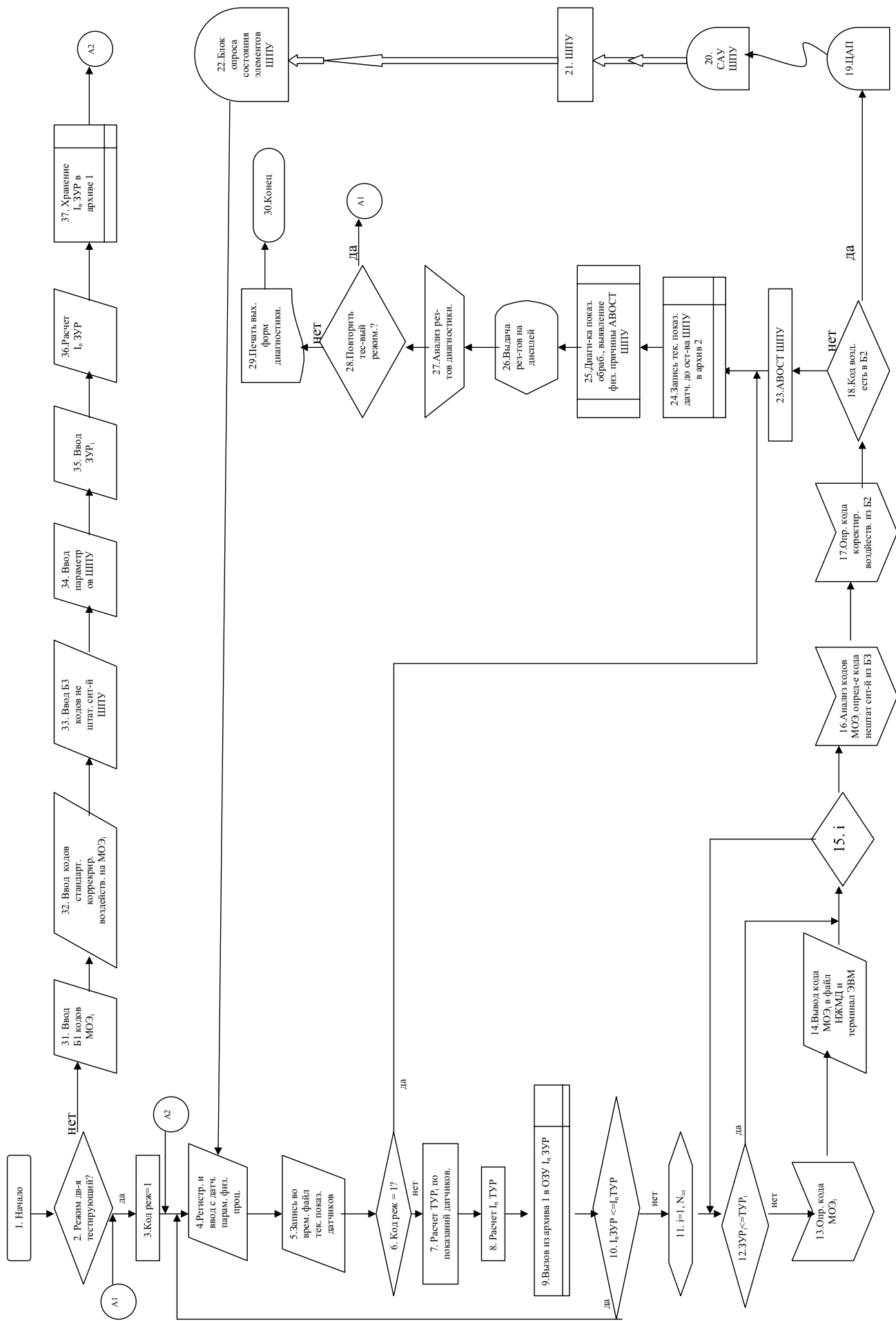


Рис. 1. Блок схема работы СКУТУР ШПУ