

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивняк, Г.Г. Анализ состояния и перспективы открытой разработки железорудных месторождений Украины / Г.Г. Пивняк, И.Л. Гуменик, В.В. Панченко // Науковий вісник НГУ.- Дніпропетровськ, 2005, №7.- С. 10-21.
2. Евтехов, В.Д. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна / В.Д. Евтехов, И.С. Паранько, Е.В. Евтехов/ Кривой Рог: Изд-во Криворожского технического университета, 1999.- 70 с.
3. Блюсс, Б.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд / Б.А. Блюсс, Н.А. Головач. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.
4. Нурок, Г.А. Гидроотвалы на карьерах / Г.А. Нурок, А.Г. Лутовинов, А.Д. Шерстаков. - Москва: Недра, 1977. – 311 с.
5. Чернюк, В.В. Регулирование интегральных параметров напорных потоков жидкостей гидродинамически активными добавками: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.16 / Чернюк Владимир Васильевич. – Киев, 2010. – 328 с.

**УДК 622.232.72.001.57:658.386**

М.С. Зайцев, мл. науч. сотр.,

Ю.И. Кияшко, д. т. н.,

В.Г. Шевченко, д. т. н., уч. секр. инс.-та

(ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины)

### **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА УРАНОВЫХ ШАХТАХ**

Викладено технічні, технологічні й соціальні передумови застосування комплексних систем контролю виробничого процесу на уранових шахтах.

### **THE QUESTION OF THE INTEGRATED PROCESS CONTROL SYSTEMS FOR URANIUM MINES**

Sets out technical, technological and social conditions of application of complex process control systems in the uranium mines.

Основным нормативным документом в области охраны труда при подземной разработке урановых месторождений, регламентирующим обязательные для выполнения на подземных работах при добыче полезных ископаемых требования техники безопасности, остается «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом» [1]. Требования к проведению горных работ при разработке урановых руд регламентированы «Правилами технической эксплуатации рудников, приисков, шахт, которые разрабатывают месторождения цветных, редчайших и других металлов» [2]. Требования к санитарным правилам эксплуатации урановых рудников изложены в [3].

Проектом отраслевой программы [4] улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды предприятий топливно-энергетического комплекса на 2007-2011 годы, разработанного согласно ст. 33 Закона Украины «Об охране труда», предусматривалась реализация мероприятий отраслевого значения по созданию безопасных и безвредных условий труда на предприятиях топливно-энергетического комплекса путем вы-

полнения конкретных задач организационного, материально-технического, научного и правового обеспечения деятельности в сфере охраны труда, дальнейшего усовершенствования управления охраной труда. К числу основных задач отнесены:

- усовершенствование нормативно-правовой базы по вопросам безопасности работы;
- информационное обеспечение предприятий области по вопросам охраны работы;
- создание средств диагностики оборудования и предотвращение аварий и дорожно-транспортных приключений, средств и систем коллективной защиты работников.

Решение задач отраслевой программы обеспечит улучшение состояния охраны и условий труда, уменьшение количества аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, социальных и экономических потерь.

Современные производства любой отрасли все чаще оснащаются комплексными системами контроля. Контроль осуществляется на всех стадиях производственного процесса. Одним из эффективных методов – метод видеоконтроля. Видеоконтроль в свою очередь делится на несколько групп – это и видеонаблюдение и визуализация процессов, тепловизионный контроль, видеонаблюдение анализирующих устройств, контроля доступа, досмотровое, быстропротекающих процессов и т.д. В горном производстве уже повсеместно используются системы видеонаблюдения в качестве охранных систем на дневной поверхности [5].

Труд работающих в урановой шахте тяжелый, сопряжен с опасностью и вредом для их здоровья. Эти оценки труда зависят от особенностей применяемой технологии добычи. Известно, что чем выше интеллектуальная составляющая технологии, тем меньше тяжелого физического труда. Интеллектуальная составляющая определяется количеством и оснащенностью работающих приборами.

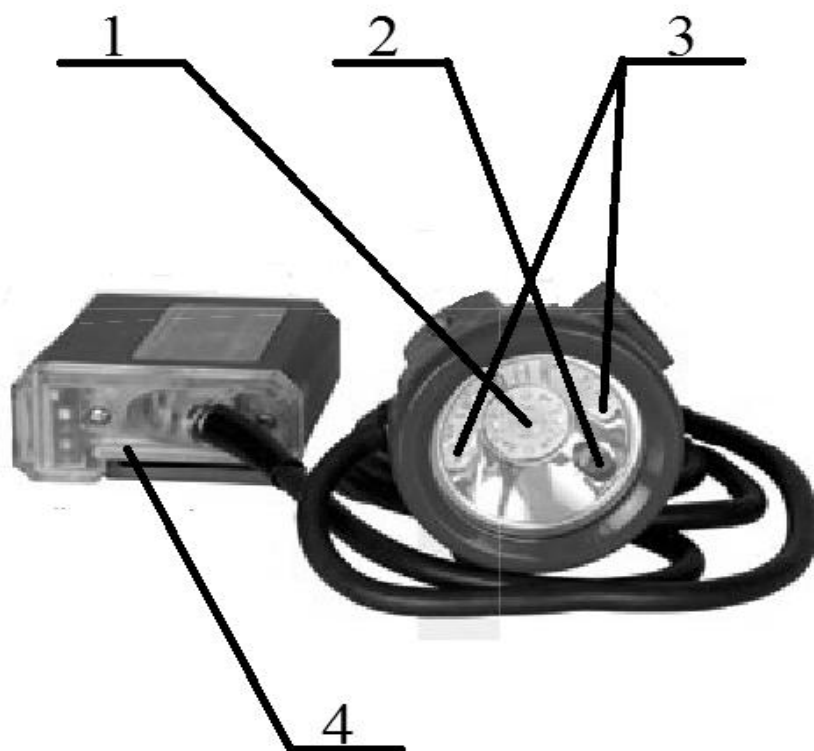
Разработка методов и оборудования для видеоконтроля подземных сооружений урановых шахт – является перспективным направлением научно-исследовательских работ. Такой контроль поможет установить изменения в форме выработок, зафиксировать, в случае аварийной ситуации, проявления динамических горных явлений. Видеоконтроль позволит фиксировать и проводить анализ не только состояния выработок, но и контролировать состояние и работу систем и механизмов шахты, состояние трубо- и газопроводов, а также важных узлов технологического процесса.

Также, видеоконтроль эффективен при контроле за работой шахтеров. Известно, что в 60-70% случаев аварий причиной является «человеческий фактор». Практика видеоконтроля в различных областях показывает, что в местах, где производится видеонаблюдение, за счет психологических факторов, повышается ответственность и трудовая дисциплина работников, лучше соблюдаются нормы охраны труда, что в конечном итоге увеличит безопасность и повысит эффективность ведения горных работ.

При расследовании несчастного случая или аварии, создается «Комиссия по расследованию», которая собирает материалы, в том числе фото- и видеoinформацию [6]. Такие дополнительные фото- и видеоматериалы, полученные в результате ведения видеоконтроля, существенно помогут при расследовании причин возникновения аварий и случаев травматизма.

Методы ведения видеоконтроля, на сегодняшний момент, весьма разнообразны – от простых аналоговых систем до гибридных систем наблюдения с сетевыми видеосерверами, позволяющие операторам посредством сети Интернет, находиться в любой точке мира. Также разнообразны технические возможности видеоконтроля. Возможность хранения видео- и аудиозаписей исчисляется со времени введения в эксплуатацию. Беспроводные технологии и миниатюрные источники питания позволяют устанавливать фокус видеонаблюдения непосредственно на человека (впервые такие системы применены в Сингапуре в 2005 году, как часть охранного комплекса для спецкурьеров) [7]. Современный видеоконтроль оснащен большим разнообразием видеодатчиков – разработаны и выпускаются линейки различной миниатюризации, цветового восприятия, освещенности и т.п. Также, в системы видеоконтроля входят средства автоматического анализа видеoinформации – от простых, реагирующих на внезапное изменение «картинки», до интеллектуальных, использующих, к примеру, систему контроля доступа по сетчатке глаза и «сопровождающих» объект по всей контролируемой площади с возможностью тревоги в случае пересечения зон с различной степенью допуска.

На рис. 1 представлена схема прототипа шахтного головного светильника [8]. Светильник имеет корпус во взрывобезопасном исполнении, поэтому не будет нуждаться в прохождении специальной экспертизы в профильных институтах и организациях. В головном блоке светильника расположена энергосберегающая светодиодная лампа подсветки 1. В рефлекторе расположен видеодатчик 2, объектив направлен параллельно основному источнику света. Также в головном блоке расположены минимум два лазера 3, лучи которых строго параллельны друг другу, максимумы лучей находятся в "зоне видения" видеодатчика 2. Лазеры нужны для того, что бы масштабировать полученную видеозапись, что позволит более точно ее анализировать. Такая лазерная линейка будет видна на видеозаписях независимо от расстояния между светильником-видеокамерой и объектом съемки. В блоке 4 содержатся аккумуляторы электропитания, аппаратура видеозаписи и хранения видеосигнала, поступающего с видеодатчика 2, а также блок управления видеодатчиком и лазерами. Извлечение видеозаписей производится из блока 4 в любом безопасном месте стандартными способами - непосредственно подключаясь к компьютеру через порт *USB*, или извлекая карту памяти из картоприемника. Видерегистратор имеет возможность фотосъемки, разрешающая способность которой существенно выше видеосъемки.



1 - светодиодная лампа, 2 - видеодатчик, 3 - лазеры, 4 - блок питания, управления и хранения видеозаписей

Рис. 1 - Головной светильник с видеокамерой

Подобный видеорегистратор, интегрированный в стандартный шахтный головной светильник, позволит решить основные описанные выше задачи, стоящие перед системами видеоконтроля.

Новый и перспективный вид элементов видеоконтроля – это беспроводные, видеорегистраторы с «обратной связью», связанные, посредством участков с беспроводной связью, участков с проводной и спутниковой связью, узлами контроллеров-накопителей, автоматическими системами анализа и хранения данных, пунктами операторов, диагностики и управления. Такие системы видеоконтроля – это часть общей системы контроля горнодобывающего предприятия, все средства которых направлены на максимальную эффективность его работы и безопасность ведения горных работ.

Исходя из общетехнических принципов и тенденций «минимизация потребляемой энергии» и «универсализация устройств» современные процессы передачи человеку информации стремятся к персонализации, а процессы хранения и обработки информации обеспечиваются в основном стационарными вычислительными комплексами. С точки зрения снижения энергетических затрат выгоднее передавать информацию человеку непосредственно на сетчатку глаза, чем проецировать ее на поверхности исчисляемой квадратными метрами. При этом, для снижения потребляемой энергии мобильными устройствами, обработку большого объема информации лучше производить крупными стационарными вычислительными системами. Таким образом, целесообразно информационную систему для горнорабочего представить в виде мобильного устройства, имеюще-

го вводы/выводы различной по виду информации и систему связи со стационарными шахтными вычислительными комплексами. При этом, плотность и расположение стационаров оптимизируется исходя из пропускных возможностей средств (каналов) связи.

Для открытых разработок полезных ископаемых и всех работ, проводящихся на дневной поверхности возможно использовать известные способы высокоскоростного обмена информацией, к примеру *IEEE 802.16*.

В связи с временно не решенными трудностями беспроводной передачи информации в подземных условиях на расстояния превышающие десятки метров, средства связи, между персональными и стационарными элементами общей информационной сети, логично выполнить в виде известной «сотовой сети». То есть, установить в местах длительного нахождения горнорабочих узлы связи (УС), обеспечивающие беспроводную связь, «мобильное устройство-УС» и проводную связь «УС-вычислительный комплекс».

Мобильное устройство сбора видеoinформации и передачи данных рабочему удобно закрепить на каске. При этом, передачу информации удобно выполнить в виде экрана дополнительной реальности. Экран дополнительной реальности выполняется по различным технологиям – как в виде непрозрачных окуляров с «полным» изображением, так и в виде проекционной установки на полупрозрачном экране с «добавленным» изображением. У каждого из этих типов экрана есть свои положительные и отрицательные стороны. Так, к примеру, непрозрачные обладают невысокой разрешающей способностью, но обеспечивают лучшую картинку в условиях пониженной освещенности.

Так как для горнорабочего необязательно условие непрерывной передачи информации [7], то энергетически выгоднее использовать проекционную установку на полупрозрачный экран, к примеру *CES AR-очки* [8].

Установка на стандартную каску специально разработанного или готового устройства типа мобильного телефона с видеокамерой направленной в сторону экрана по направлению визирной оси рабочего, а перед глазом/глазами, полупрозрачного зеркала. При этом, вся информация которую собирает мобильное устройство, отправляется на стационарный вычислительный комплекс. В нем информация обрабатывается и анализируется, в том числе распознаются объекты в зоне видеокамеры рабочего. Затем, автоматизировано на проектор дополнительной реальности поступает рассчитанная информация для рабочего.

Такая информация может быть текстовой и/или видео и содержать:

- план ликвидации аварий;
- инструкции по ремонту оборудования;
- данные из библиотеки ранее выполненных похожих задач/решений по ликвидации аварий/ремонта;
- план профилактических мероприятий, включая методы диагностики;
- данные из библиотеки ранее выполненных профилактических мероприятий и т.п.

При этом, в любой момент времени рабочий сможет связаться с вышестоящим руководителем, чтобы получить консультацию или доложить о выполнении

этапа работ. А начальство, в свою очередь, может в любой момент времени контролировать выполнение работ, проводить корректировку плана и этапов работ, то есть обеспечивать, так называемое «телеприсутствие».

В случае аварийной ситуации рабочему передаётся информация в виде четких инструкций, направленных на предотвращение аварийной ситуации и возможных неверных действий.

Также, стационарный вычислительный комплекс может передавать на проектор мобильного устройства рабочие элементы улучшенного изображения, за счет цифрового анализа яркости, контрастности и основных цветовых каналов. Такими элементами могут быть:

- блокирование/затемнение зоны слепящего света (по принципу автомобильного блокирования фар автомобилей встречного движения);
- увеличение яркости затемненных/неосвещенных участков в области «видения глаза» (визирная линия в зависимости от поворота глаза, от угла зрения с учетом «резкой» и «размытой» областей восприятия глазом);
- выделение мерцанием зон/объектов «повышенного внимания/опасности».

Исходя из возможностей современных методов распознавания искусственных объектов, а на производстве еще и небольшого разнообразия объектов, система дополнительной реальности может быть эффективна в диагностических и профилактических мероприятиях. Так, к примеру, попавший в зону видимости элемент крепи, автоматически распознается, затем проводится наложение контура элемента крепи из базы данных на реальную крепь. При этом деформированность этого элемента оценивается как в автоматическом режиме, так и визуально горнорабочим. Для точной оценки деформации на экран дополнительной реальности может быть выведено изображение измерительного устройства (линейки, курвиметра, лекала и т.п.).

Таким образом, проведение диагностики видимых повреждений оборудования происходит постоянно в автоматическом режиме, а в особых случаях дополнительно и горнорабочим. Для еще более точного распознавания объектов можно использовать наклейки линейного/двухмерного кода, к примеру *QR* код.

Установка дополнительной тепловизионной камеры расширит возможности диагностики при профилактических мероприятиях – локализация мест утечек/притечек на газопроводах, разогревание элементов конвейеров и т.п.

На рисунке 2 показана предполагаемая ситуация с элементами дополнительной реальности, которая отображается перед глазами рабочего. Показано возможности отображения:

- маркера задания и порядок их выполнения,
- мигающего маркера срочной связи с руководителем работ,
- маркера расстояние между ближайшими станциями связи,
- маркеров зон, к которой запрещается приближаться, при этом подвижные объекты мигают своим контуром и яркостью,
- маркера утечка газа из трубопровода и температура утечки,
- маркера автоматического определения деформации объектов,
- маркера компаса с цифровой градуировкой,

- маркера расстояния: пути до точки начала текущего этапа, а также, направление и расстояние до поворота.



Рис. 2 – Пример отображения дополнительной реальности.

Автономная система дополнительной реальности используется в случаях невозможности установления связи со стационарными вычислительными комплексами. В таком случае вся вычислительная нагрузка накладывается на мобильное устройство рабочего. В следствии чего, потребуются увеличение емкости аккумуляторов, увеличения объема памяти, при ограничении в производительности. Несомненно, что автономная работа мобильного комплекса будет присутствовать в режиме любого мобильного устройства. В таких случаях оно будет накапливать в своей памяти получаемую информацию. А получив связь со стационарным вычислительным комплексом, быстро сбрасывать на него накопленные данные.

Для возможности реализации проекта в условиях урановых шахт необходима оценка экономической составляющей любого проекта дополнительной реальности. Львиную долю капитальных затрат потребует разработка программного обеспечения. Однако разработав такое программное обеспечение для одной шахты, для других его нужно будет только перенастраивать. При том, что физические элементы такой системы известны, разнообразны и выпускаются большим количеством компаний.

Выводы.

1. Разработка методов и оборудования для видеоконтроля подземных сооружений урановых шахт является перспективным направлением научно-исследовательских работ. Такой контроль поможет установить изменения в фор-

ме выработок, зафиксировать, в случае аварийной ситуации, проявления динамических горных явлений. Видеоконтроль позволит фиксировать и проводить анализ не только состояния выработок, но и контролировать состояние и работу систем и механизмов шахты, состояние трубо- и газопроводов, а также важных узлов технологического процесса.

2. Системой контроля предусмотрено, автоматизированная передача на проектор дополнительной реальности текстовой и/или видеоинформации для горнорабочего о плане ликвидации аварий, инструкции по ремонту оборудования, данных из библиотек ранее выполненных похожих задач/решений, план профилактических мероприятий, включая методы диагностики и т.п. В случае аварийной ситуации горнорабочему передаётся информация в виде четких инструкций, направленных на предотвращение аварийной ситуации и возможных неверных действий.

3. Современные производства вплотную подошли к созданию мобильных средств с элементами дополнительной реальности для своих рабочих. Разработка такой системы для горнодобывающих предприятий - перспективное направление научно-исследовательских работ, а скорейшая реализация системы не только подтвердит профессионализм разработчиков во всем мире, но обеспечит улучшение условий труда горнорабочих урановых шахт, позволит снизить уровень аварийности и травматизма за увеличения полоны, своевременности и достоверности поступающей информации, и принятия на этой основе наиболее правильных решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПАОП 0.00-1.34-71 «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом». – М.: Недра, 1977. - 223 с.
2. НПАОН 13.0-1.01-79 «Правила технічної експлуатації рудників, копалень, шахт, що розробляють родовища кольорових, рідкісних та інших металів». - М.: Надра, 1981. - 109 с.
3. СП 86-118 «Санитарные правила эксплуатации урановых рудников». М.: Министерство здравоохранения СССР, 1986. – 66 с.
4. Галузева программа поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на підприємствах ПЕК на 2007-2011 роки.
5. ВБН В.2.5-78.11.01-2003 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи сигналізації охоронного призначення» (МВС України)
6. «Порядок расследования и ведения учета несчастных случаев, проф. заболеваний и аварий на производстве» постановление Кабмина Украины от 25. 08. 2004 г., №1112.
7. Игорь Осколков. Реальности: виртуальная, дополненная и суженная - CHIP UA Online <http://www.chip.ua/stati/go-digital/2011/03/realnosti-virtualnaya-dopolnennaya-i-suzhennaya>
8. Павел Молодчик. Очки дополненной реальности это очень просто <http://ko.com.ua/ochki-dopolnenoj-realnosti-jeto-ochen-prosto-61240>