

Многофункциональная система безопасности угольных шахт – визуализация событий (горнотехнических процессов) с рабочего места шахтера

А.В. Новиков✉, К.В. Паневников, И.В. Писарев

ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация
✉ info@granch.ru

Резюме: В работе рассмотрены вопросы применения мобильных средств видеонаблюдения в угольных шахтах. Наиболее распространено использование стационарных видеокамер с передачей видеoinформации на пульт горного диспетчера по кабельным каналам в режиме реального времени. При всей полезности получаемой информации у данного метода имеются ограничения, определяемые спецификой рудничной атмосферы – повышенными влажностью и запыленностью – и отсутствием реальной возможности организовать видеонаблюдение по всей протяженности горных выработок. Поэтому хорошим дополнением к стационарным видеокамерам становятся мобильные средства с функцией видеонаблюдения – переносные и установленные на транспорте. К числу переносных относятся смартфоны и получающие в последнее время развитие головные аккумуляторные светильники со встроенной видеокамерой. В обоих случаях важным моментом, в дополнение к собственно процессу съемки, является вопрос передачи видеоданных на верхний уровень – на пульт горного диспетчера. Реализуются варианты: подключение в шахте к точкам доступа беспроводной связи по радиоканалу, считывание информации в ламповых по выходу из шахты и ведение трансляции в режиме реального времени из шахты на верхний уровень. Сделано предположение, что для осуществления наиболее оперативного (и эффективного) варианта, работающего без разрывов времени между съемкой и доставкой информации на-гора, каким является последний из перечисленных выше, в горных выработках должна быть развернута инфраструктура связи на основе беспроводных и кабельных каналов. Необходимая инфраструктура присутствует в ряде систем, предназначенных для определения местоположения шахтеров в горных выработках из состава многофункциональной системы безопасности, что обеспечивает по радиоканалу непрерывную связь индивидуальных устройств с узлами инфраструктуры и, соответственно, передачу видеоданных в режиме реального времени.

Ключевые слова: безопасность, угольная шахта, горнотехнический процесс, шахтер, видеонаблюдение, видеосъемка, видеокамера, видеорегистратор, головной светильник, устройство оповещения

Для цитирования: Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Многофункциональная система безопасности угольных шахт – визуализация событий (горнотехнических процессов) с рабочего места шахтера. *Горная промышленность*. 2021;(5):00–00. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-00-00.

Multi-functional coal mine safety system: visualisation of events (mining processes) form the miner's workplace

A.V. Novikov✉, K.V. Panevnikov, I.V. Pisarev

LLC Scientific and Production Firm "Granch", Novosibirsk, Russian Federation
✉ info@granch.ru

Abstract: The paper reviews the use of mobile video monitoring equipment in coal mines. The most common option is the use of stationary video cameras with real-time video streaming to the mine dispatcher's control monitor via cables. Despite all the benefits of the information obtained, this method has certain limitations due to the specific features of the mine atmosphere, i.e. high humidity and dust levels, as well as the impossibility to organize video monitoring over the entire length of the mine workings. Therefore, mobile video monitoring equipment, both portable and vehicle-based, is efficient supplement to the stationary video cameras. The portable devices include smart phones and the battery-powered head lights with an integrated video camera, which have recently become very popular. In both cases, an important consideration, in addition to the actual video capturing, is the issue of transmitting video data to the top level, i.e. to the mine dispatcher's control panel. The following options are possible: connection to the mine wireless network hotspots via radio channel, reading the information in the lamp rooms when leaving the mine

and real-time broadcasting from the mine to the top level. The assumption is made that in order to implement the fastest (and the most efficient) way that works without delays between capturing and transmitting of video data to the daylight surface, such as the latter of the options above, a communications infrastructure based on wireless and cable networks needs to be deployed in the mine workings. The required infrastructure is present in a number of systems designed to locate miners inside the mine workings as part of a multifunctional security system, which enables continuous radio communication of individual devices with infrastructure nodes and, therefore, real-time video data transmission.

Keywords: safety, coal mine, mining process, miner, video monitoring, video capturing, video camera, video recorder, head light, alerting device

For citation: Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multi-functional coal mine safety system: visualisation of events (mining processes) from the miner's workplace. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(5):00–00. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-00-00.

Введение

На промышленных объектах контроль за технологическими процессами обеспечивается с применением различных средств автоматизации, снижающих занятость персонала на таких операциях. Широко используется видеонаблюдение, представляющее визуальную информацию о процессах и оборудовании в центр управления объектом в режиме реального времени.

В угольных шахтах также получают распространение системы промышленного видеонаблюдения, предназначенные для визуального контроля за работой оборудования и горнотехническими процессами. Видеокамеры устанавливаются в узловых точках шахты: в местах сосредоточения горнорабочих на технологических участках (проходческие и очистные забои); пунктах погрузки-разгрузки материалов и/или оборудования; в зонах множественных сопряжений горных выработок; в иных местах нахождения людей, выполняющих работы по обеспечению безопасности производства горных работ (проветривание, состояние крепи выработок) и по откатке горной массы. В силу специфики рудничной атмосферы, заключающейся в значительной запыленности и повышенной влажности, загруженности выработок оборудованием и металлоконструкциями крайне затруднено обеспечение визуального наблюдения на протяженных пространствах горных выработок с использованием стационарных видеокамер. В этой связи важным направлением считается применение мобильных видеокамер, например, встроенных в головной светильник шахтера. Насколько такое решение работоспособно на практике, попытаемся разобраться в настоящей работе.

О мобильных устройствах видеонаблюдения

Видеокамеры могут быть вмонтированы в различные переносные индивидуальные или групповые устройства, а также применены на транспортных средствах, например, в дизель-гидравлических локомотивах.

Общеизвестна функциональность, включая видеосъемку, импортных смартфонов Torex FS2, Arma S и отечественных Granch Mphone, допущенных к применению в угольных шахтах после соответствующей модернизации с целью обеспечения взрывозащищенности данных технических устройств. На рис. 1 показано устройство переговорное производства НПФ «Гранч» [1].

Видеоинформация, накопленная по маршруту следования и на рабочих местах обладателей таких устройств, имеет временную дискретность, так как съемка ведется эпизодически. По понятным причинам, сплошная съемка в течение всей смены (6 или 8 часов) невозможна – за исключением случаев, когда дано задание на непрерывную



Рис. 1
Устройство переговорное
SBGPS Mphone-2 (смартфон)

Fig. 1
The SBGPS Mphone-2
intercom unit (smart phone)

съемку и при условии достаточной емкости аккумулятора в смартфоне. Назначение видеоданных и их содержание определяются наряд-заданием или формулируются в оперативном порядке – объектами и процессами, требующими обязательной видеофиксации по мере выполнения наряда или имеющими отклонения от штатного положения. Полученная с помощью смартфона информация подлежит изучению и анализу, что выполняется после выхода работника из шахты и перенесения видеоматериала на компьютер.

Известен опыт передачи данных со смартфона на-гора непосредственно из шахты с мест установки стационарных точек доступа Wi-Fi [1]. В этом случае информация имеет лучшие оперативность и пригодность.

При всей безусловной полезности применения смартфона для визуализации шахтных объектов и процессов недостатком метода является его эпизодичность и отсутствие «привязки» к координатам мест съемки. Да и сам процесс затратен – требует отвлечения внимания от обстановки на рабочем месте и «приложения» рук человека.

Можно предположить, что и другие переносные устройства со встроенными видеокамерами в связи с эпизодичностью сеансов съемки из произвольных мест в шахте без наличия оперативной (в режиме реального времени) связи с верхним уровнем (АБК шахты) будут обладать тем же комплексом свойств, сдерживающих широкое применение данной технологии.

Из изложенного вытекает очевидная потребность при-смотреться к таким устройствам, которые находятся всегда при шахтере (с шахтером) и могут работать без физических воздействий со стороны человека на узлы управления видеокамерой при освещенности объекта съемки за счет светового потока от головного светильника.

О головных светильниках со встроенной видеокамерой

Применение видеокамер, встроенных в головные светильники, возможно по двум основным направлениям: для видео-регистрации процессов (объектов) с записью материала на встроенный накопитель и последующим просмотром по выходу на-гора; для съемки с трансляцией видеофайлов на верхний уровень в режиме реального времени.

Использование светильника с видеорегистратором имеет некоторое сходство с применением смартфонов в части видеонаблюдения. Важно, что в обоих случаях видеофайлы выдаются на верхний уровень с задержкой, в некоторых случаях значительной, а информация требует расшифровки для получения ответа по вопросу о местах съемки. Отличие встроенного в светильник видеорегистратора состоит в том, что применение его возможно одновременно с выполнением основной работы, требующей повышенного внимания и физических усилий человека, то есть занятости рук.

Среди известных встроенных в светильник видеорегистраторов лучшим вариантом можно считать те, у которых считывание информации ведется по радиоканалу непосредственно в шахте¹. Но, что так же практикуется, есть вариант передачи информации по выходу из шахты – в АБК².

Технически характеристики представленных на рынке РФ светильников с видеорегистратором имеют следующий вид:

- разрешение камеры: до 2 Мп (FHD, 1080p, 1600x1200);
- количество кадров в секунду: до 30;
- освещенность: 0.6V/Lux-sec;
- формат изображения: JPEG, BMP;
- наличие съемного носителя: да;
- передача видео по Wi-Fi в режиме реального времени: да (при наличии инфраструктуры).

Сравнение этих данных с параметрами стационарных видеокамер³ показывает, что наблюдаемое различие по основным характеристиками не имеет принципиального значения. Это указывает на целесообразность применения в составе головных светильников видеокамер, поскольку достигается вполне приемлемое качество видеоизображения объектов в горных выработках.

Видеонаблюдение с рабочего места шахтера

Для достижения непрерывного видеонаблюдения, то есть визуализации событий, с рабочего места шахтера нужны не просто отдельно головной светильник и отдельно видеокамера – требуется оптимальное сочетание конструкции этих устройств и технических параметров, объединяемых соответствующим программным обеспечением. Внимание должно быть уделено и емкости аккумуляторной батареи, поскольку использование в конструкции дополнительного узла, как потребителя электроэнергии, не исключает электропитание остальных узлов и светильника в целом в прежнем составе.

Максимальный вариант по функциональности светильника с видеокамерой обеспечивается в том случае, если видеотрансляция с рабочего места каждого шахтера на верхний уровень, то есть на АРМ горного диспетчера, ведется в режиме реального времени в течение всей рабочей смены. Но в этом случае очевидна избыточность, а частично – ненужность, такой информации. Поэтому, полагаем, оптимальный вариант – это: по решению шахтера или по запросу (команде) диспетчера при подтверждении со стороны шахтера! Важно, что при задействовании ПЛА (план ликвидации аварии) видеотрансляция может быть доступна диспетчеру или руководителю спасательной операции без подтверждения непосредственно шахтером.

Применение видеокамеры в головном светильнике не является пока обязательным требованием, но, возможно, со временем станет неременной составляющей одной из систем, входящих в многофункциональную систему безопасности (МФСБ) угольной шахты. Такой системой вполне может стать «Система определения местоположения людей в горных выработках». На очевидный вопрос «Почему?» ответ достаточно прост. Дело в том, что упомянутый выше «режим реального времени» реализуем только при наличии во всех поддерживаемых горных выработках инфраструктуры связи, обеспечивающей в комплекте с индивидуальным устройством связи (головной светильник) непрерывное позиционирование шахтеров и связь с горным диспетчером.



Рис. 2
Устройство оповещения SBGPS Light-4 (с видеокамерой)

Fig. 2
The SBGPS Light-4 alerting device (with a video camera)

Непрерывное позиционирование свойственно системе «SBGPS» (производство НПФ «Гранч»), описание которой было дано в ряде предыдущих наших работ [2–4].

Ответ на вопрос, как обеспечивается непрерывное определение координат местоположения людей в аналогичных системах, – это задача авторов таких систем.

В случае же с системой «SBGPS» важно следующее – решение задачи по реализации технологии непрерывного видеонаблюдения с рабочего места шахтера (с местоположения в шахте) не затронуло подземной инфраструктуры связи, обладающей достаточной пропускной способностью для обеспечения видеотрансляции с головных светильников.

¹ Трансмаш-Томск: [сайт]. Режим доступа: <https://www.transmash-tomsk.ru/post/исток-1>

² ГОРЧАБ: [сайт]. Режим доступа: https://gorsnab-spb.ru/headlamps/lamps_ml_g/svetilnik_shahtnyj_vzryvobezopasnyj_ml/

³ ООО «Компания СПАРК»: [сайт]. Режим доступа: <http://www.sparc-mining.ru/production/camera>; ООО «ТД ТИНКО»: [сайт]. Режим доступа: <https://www.tinko.ru/catalog/product/280150/>; ТАХИОН: [сайт]. URL: <https://tahion.spb.ru/product/videokamera-vzryvozashhishhyonnaya-setevaya-naruzhnoj-ustanovki-iz-nerzhavyushhej-stali-tvk-180-ip-ex-apix-box-s2-f4-10mm/>

Таблица 1
Параметры устройства
оповещения SBGPS Light-4 с
видеокамерой

Table 1
Specifications of the SBGPS
Light-4 alerting device with a
video camera

Параметр	Значение
Разрешение видео	FHD 1080p (1600x1200)
Разрешение камеры	2 Мп
Количество кадров в секунду	до 30
Размер сенсора	1/4 дюйма
Освещенность	0.6V/Lux-sec
Формат изображения	JPEG, BMP
Наличие съемного носителя (флэш-карты)	microSD 32 Гб
Время видеосъемки	до 1 ч (в течение 10 ч основного режима работы)
Передача видео по Wi-Fi в режиме реального времени	+
Наличие сигнализатора метана	+
Номинальная емкость, А*ч	12,8
Тип АКБ	LiFePO4
Маркировка взрывозащиты	PO Ex ia ma I Ma X
Степень защиты изделия от внешних воздействий по ГОСТ 14254-96	IP54
Диапазон температур окружающей среды в условиях эксплуатации, °C	от минус 10 до +40
Масса, кг, не более	1,5
Срок службы, лет	5

Конструктивные изменения получило индивидуальное устройство оповещения (головной светильник), основные функции которого описаны в предыдущих работах [4–6], посредством встраивания видеокамеры в фару. Внешний вид устройств оповещения SBGPS Light-4 со встроенной видеокамерой показан на рис. 2; в табл. 1 даны его технические характеристики. Представленный комплекс свойств находится в динамичном изменении – изделие постоянно совершенствуется.

На рис. 3 показаны фото реальных объектов, извлеченные из видеофайлов, снятых с применением устройства оповещения со встроенной видеокамерой. Видеопоток передавался с устройства оповещения по радиоканалу (Wi-Fi) на ближайший узел инфраструктуры связи системы «SBGPS» – на базовую станцию – и далее по оптоволокну – на верхний уровень, где принимался на сервере и затем визуализировался на мониторе компьютера. В целом, видеоинформация имеет хороший качественный уровень, и она пригодна для анализа наблюдаемых событий и объектов, как в стационарном состоянии, так и в динамике. По крайней мере, такой вывод сделан горноспасателями, наблюдавшими описанную технологию видеосъемки непосредственно в горной выработке и на верхнем уровне – на АРМ оператора системы.

Применение описанного метода (технологии) позволяет значительно сократить время на решение оперативных



Рис. 3
Видеокадры на АРМ диспетчера, полученные в режиме реального времени из шахты: а) Объект съемки – группа людей, б) Объект съемки – один человек, получающий указания на SBGPS Mphone-2

Fig. 3
Video snapshots on the traffic operator's workstation, received in real time from the mine:
a) Subject is a group of people, б) Subject is a single person receiving instructions via SBGPS Mphone-2

задач, для которых требуется привлечение узкопрофильных специалистов по эксплуатации сложных механизмов. Отпадает необходимость спуска в шахту специалиста к объекту исследования. Необходимая информация может быть доступна ему удаленно при помощи трансляции видеоданных с головного светильника, например, дежурного электрослесаря.

Заключительные положения

1. В угольных шахтах расширяется применение мобильных устройств, включая головные светильники шахтера, со встроенными видеокамерами, предназначенных для визуализации горнотехнических процессов и объектов.

2. Анализ опыта использования головных светильников с видеокамерой показывает, что наиболее результативный вариант достигается при трансляции видеофайлов на верхний уровень в режиме реального времени за счет наличия в горных выработках беспроводной (Wi-Fi) инфраструктуры связи.

Список литературы

1. Ваганов В.С., Гоффарт Т.В., Дубков И.С. Развитие мобильных устройств в составе компьютерных сетей угольных шахт. *Горная промышленность*. 2018;(1):54–58. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-54-58>
2. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Многофункциональная система безопасности угольных шахт – практика применения систем определения местоположения и оповещения персонала. *Горная промышленность*. 2018;(2):93–98. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-2-138-93-98>
3. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. МФСБ – связь, оповещение и определение местоположения персонала в угольных шахтах. *Горная промышленность*. 2019;(1):37–40. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-1-143-37-40>
4. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Многофункциональная система безопасности: диспетчер и шахтер. 2021;(2):81–85. *Горная промышленность*. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-81-85>
5. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Правила безопасности в угольных шахтах. *Горная промышленность*. 2019;(2):42–46. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-2-144-42-46>
6. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. О применении индивидуальных газоанализаторов в шахте. *Горная промышленность*. 2020;(2):99–103. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-2-99-103>

References

1. Vaganov V.S., Goffart T.V., Dubkov I.S. Development of mobile devices for coalmines computer networks. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(1):54–58. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-54-58>
2. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multifunctional safety systems for coalmines – operational experience in indoor positioning subsystem and personnel alerting subsystem. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(2):93–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-2-138-93-98>
3. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. MFSS – communication, warning and positioning of the personnel in underground coal mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(1):37–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-1-143-37-40>
4. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multifunctional safety system: traffic operator and miner. 2021;(2):81–85. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-81-85>
5. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Safety rules for underground coal mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(2):42–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-2-144-42-46>
6. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Application of individual gas analyzers in underground mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(2):99–103. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-2-99-103>

Информация об авторе

Новиков Александр Владимирович – кандидат технических наук, директор по внедрению, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

Паневников Константин Владимирович – заместитель директора по внедрению, начальник отдела анализа и внедрения, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

Писарев Игорь Валериевич – начальник группы проектирования и создания АСУТП ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: info@granch.ru

Information about the author

Aleksandr V. Novikov – Candidate of Science (Engineering), Integration Director, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

Konstantin V. Panevnikov – Deputy Integration Director, Head of Analysis and Integration Department, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

Igor V. Pisarev – Chief of Design and Development Team for automatic process control systems, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: info@granch.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.09.2021

Поступила после рецензирования: 07.10.2021

Принята к публикации: 08.10.2021

Article info

Received: 18.09.2021

Revised: 07.10.2021

Accepted: 08.10.2021