

УДК 622.86.001.76:622.33.012.2

DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2019.149.089>**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ****ООО «ДТЭК ЭНЕРГО»****<sup>1</sup>Мирошниченко В.В.**<sup>1</sup>ООО «ДТЭК ЭНЕРГО»**ИННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ НА ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ****ТОВ «ДТЕК ЕНЕРГО»****<sup>1</sup>Мірошниченко В.В.**<sup>1</sup>ООО «ДТЕК ЕНЕРГО»**INNOVATIVE APPROACHES IN ORGANIZATION OF WORK ON LABOUR PROTECTION AND INDUSTRIAL SAFETY ON THE COAL-MINING ENTERPRISES OF THE****«DTEK ENERGO» LTD****<sup>1</sup>Myroshnychenko V.V.**<sup>1</sup> DTEK LTD ENERGO

**Аннотация.** ДТЭК ЭНЕРГО является крупнейшей негосударственной угледобывающей компанией Украины. Сложные условия ведения горных работ на ее предприятиях (высокие категории по газовому фактору, опасность по внезапным выбросам и т.д.) требуют выработки инновационных, подходов к организации работ в области охраны труда и промышленной безопасности. В связи с этим введено понятие «критический технический риск» (КТР), и в качестве риск-образующих техногенных аварий рассмотрены наиболее часто встречающиеся на шахтах ДТЭК ЭНЕРГО - вспышка метана, пожар и внезапный выброс. Для них необходимо составить максимально детализированное дерево следственных связей, и на основании его анализа использовать для снижения КТР существующие и предлагаемые инновационные технологии. Могут быть использованы: современные системы контроля аэрологического, температурного и газового режима шахты, отключения электроэнергии, передачи данных и аварийного оповещения; средства, связанные с организацией индивидуального оповещения горнорабочих об. особенностях аварийной ситуации; системы управления работой дегазации (АСКУД), позволяющие контролировать концентрации, температуры, давления газозвоздушной смеси в ключевых точках дегазационного трубопровода и на дегазационных скважинах; программное обеспечение информационно-аналитических технологий вентиляционных и дегазационных расчетов с целью моделирования в реальном времени фактического состояния проветривания в нормальном и аварийных режимах; осуществление поверхностной дегазации; совершенствование пожарной защиты, автоматизированный ввод в действие ПЛА и эффективное использование средств СПАЗ; современные средства пожаротушения; системы обнаружения опасного сближения. Использование этих и вновь разрабатываемых методов, технических и программных средств управления безопасностью, технологическими и аэрологическими рисками позволит угольной промышленности использовать нормативную базу и практический опыт ЕЭС на пути своего совершенствования в области безопасности труда.

**Ключевые слова:** критический технический риск, газовый фактор, инновационные методы и средства, информационно-аналитические технологии, пожарная защита.

ДТЭК ЭНЕРГО является крупнейшей негосударственной угледобывающей компанией Украины. В состав ее по современному состоянию входят частные акционерные общества «Павлоградуголь» (в составе его – 10 шахт) и «Добропольеуголь» (6 шахт). Все шахты этих ЧАО являются газовыми, опасными по взрывчатости угольной пыли, 8 из них используют дегазацию различных типов, все оснащены системами АГК (в том числе три – наиболее современными УТАС). Более подробная характеристика проветривания и противоаварийной защиты шахт ДТЭК ЭНЕРГО приведена в [1].

Сложный характер аэрогазотермодинамических условий угледобычи на шахтах ДТЭК ЭНЕРГО обуславливает высокий риск возникновения аварий. В 2016-2019 гг произошло 15 аварий, из них 9 экзогенных пожаров, 4 вспышки метана и по одному случаю загазования выработок и обрушения горных пород. Краткая характеристика этих аварий приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика аварий на шахтах ДТЭК ЭНЕРГО

№ п/п	Дата	Шахта	Тип аварии	Место аварии	Примечание
1	05.03.16	Юбилейная, ПСП «Шахтоуправление Першотравенское»	Вспышка метано-воздушной смеси	126 бортовой штрек за сопряжением с 126 лавой	
2	08.10.16	Юбилейная, ПСП «Шахтоуправление Першотравенское»	Пожар	Магистральный конвейерный штрек гор. 180м	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
3	02.04.17	Днепровская, ПСП «Шахтоуправление Днепровское»	Пожар	2 западный магистральный конвейерный штрек гор. 265м	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
4	12.06.17	Новодонецкая, ш/у «Белозерское»	Вспышка метано-воздушной смеси		
5	17.07.17	Днепровская, ПСП «Шахтоуправление Днепровское»	Пожар	Устье ходового отделения углеспускного гезенкас гор. 230м на гор. 265м	
6	06.10.17	Белозерская, ОДО «Белозерское»	Обрушение	Монтажный ходок южной коренной лавы уклона №3 пл. L8 гор. 550м.	
7	08.10.17	Днепровская, ПСП «Шахтоуправление Днепровское»	Вспышка метано-воздушной смеси	1108 сборный штрек за сопряжением с 1108 лавой	В последующем осложнилась пожаром
8	26.02.18	Юбилейная, ПСП «Шахтоуправление Першотравенское»	Пожар	Восточный конвейерный квершлаг	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
9	05.04.18	Павлоградская, ПСП «Шахтоуправление Павлоградское»	Пожар	Трубно-кабельный ходок на нулевой отметке вспомогательного ствола	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
10	13.06.18	Терновская, ПСП «Шахтоуправление Павлоградское»	Загазование действующих выработок из изолированных ранее выработок пл. С5		На аварийном участке находилось 4 человека, один получил отравление легкой степени

№ п/п	Дата	Шахта	Тип аварии	Место аварии	Примечание
11.	15.07.18	Добропольская, ш/у Добропольское	Пожар	Устье людского ходка южн. уклона пл. $l_2$ гор. 450м	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
12.	07.09.18	Днепровская, ПСП «Шахтоуправление Днепровское»	Пожар	1158 сборный штрек	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
13	10.01.19	Героев Космоса, ПСП «Шахтоуправление им. Героев Космоса»	Вспышка метано-воздушной смеси	1130 бортовой штрек за сопряжением с 1130 лавой	Осложнилась пожаром в выработанном пространстве
14	06.04.19	Павлоградская, ПСП «Шахтоуправление Павлоградское»	Пожар	423 бортовой штрек	Ликвидирован до прибытия ГВГСС
15	10.07.19	им. Н.И. Сташкова ПСП «Шахтоуправление Днепровское»	Пожар	536 сев. бортовой шьрек	

Нами введено понятие «критический (ключевой) технический риск» (КТР), т.е. риск возникновения, вследствие неисправностей технического характера, наиболее характерных для шахт ДТЭК ЭНЕРГО аварий. Из табл. 1 следует, что таковыми являются пожар и вспышка метана; следует рассматривать еще и внезапный выброс (хоть в последние годы аварий такого типа не было, категоричность шахт ДТЭК не позволяет исключить возможность их возникновения). Дерево следственных связей причин возникновения этих типов аварий представлено на рис. 1.

Представленное на рисунке дерево является сильно упрощенным. Достаточно подробно представлены лишь его ветви, связанные со вспышкой метана. Видно, что вспышка инициируется двумя факторами: загазированием шахтной атмосферы до взрывоопасного предела и наличием источников воспламенения. Ветви более высокого уровня показывают формирование двух этих инициирующих факторов. Пожар может возникнуть вследствие трения конвейерной ленты; в дерево не включен весьма вероятный фактор, когда вследствие высокой концентрации метана в пожарном очаге горение может осложниться взрывом метановоздушной смеси. С другой стороны, вспышка метано-воздушной смеси, при наличии горючих материалов, может перейти в экзогенный (авария № 7) или эндогенный (авария № 13) пожар. Поэтому деревья следственных связей необходимо строить на шахтах максимально детализированно, учитывая, что маршруты от ветвей дерева верхних уровней к его корню могут иметь пересекающиеся участки, чем и поясняется возможность перехода (как правило, усложняющего ситуацию) от одного типа аварии к другому.

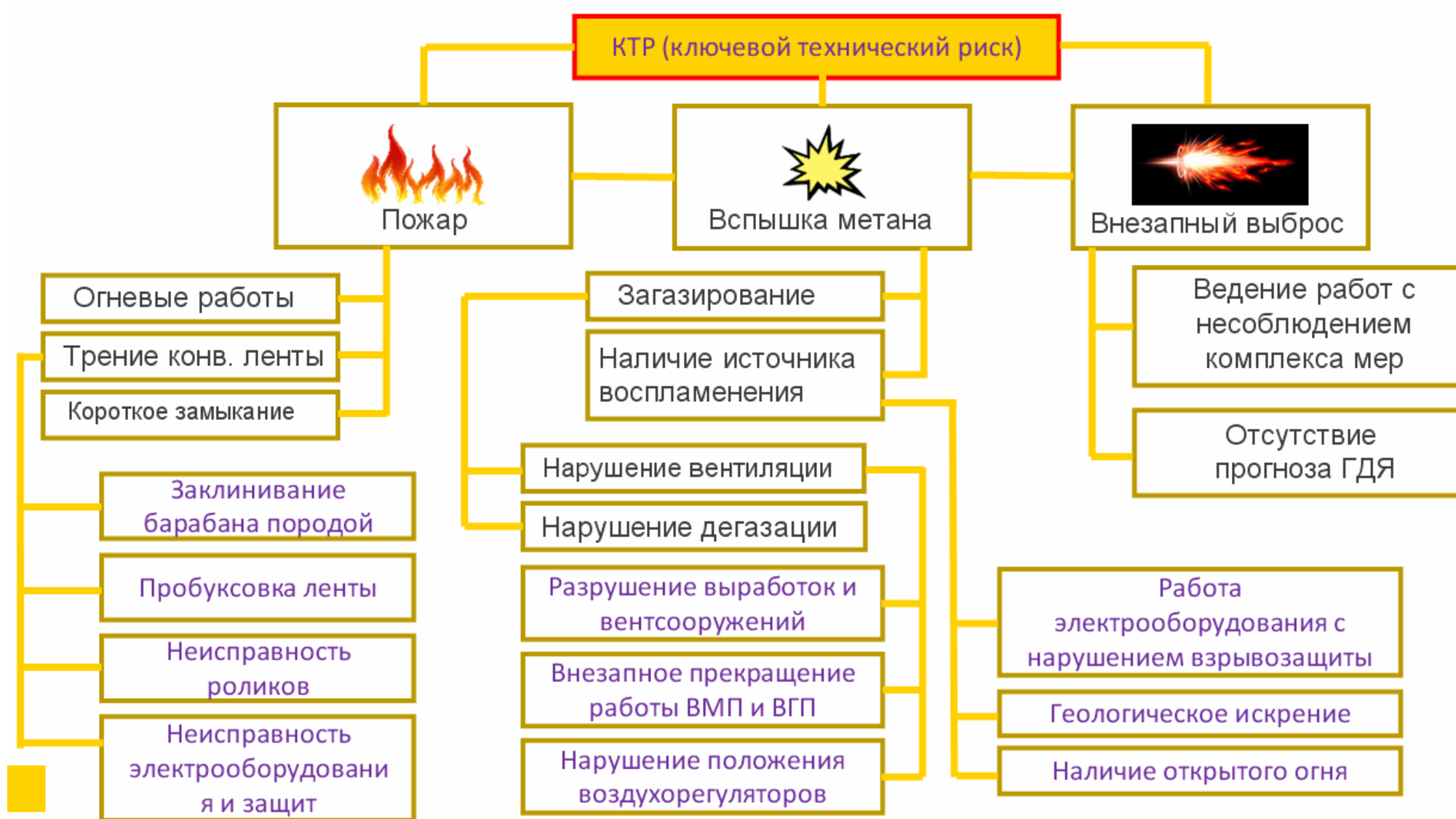


Рисунок 1 – Следственные связи причин возникновения КТР

Любой из КТР (на то он и критический!) является неприемлемым и должен быть предотвращен на стадии проектирования и планирования горных работ. И прежде всего это относится к рискам аэрологического характера, вызываемых газовым фактором.

Хорошо известно, что средством воздействия на аэрологические риски являются правильно организованные и взаимодействующие системы вентиляции и дегазации. Первая направлена на оптимизацию влияния горно-технических условий (газообильности участка, нагрузки на очистной забой, скорости его подвигания, раскройки шахтного поля по вентиляции, принятых схем проветривания), вторая – связана с горно-геологическими условиями (газоносностью пласта, проницаемостью пласта и вмещающих пород, их прочностными характеристиками). В условиях усложнения влияния как системных, так и фоновых факторов аэрологического риска разработка и применение инновационных подходов к его снижению является актуальной научно-практической проблемой.

В области инновационных технологий снижения КТР работы в настоящее время ведутся в следующих направлениях.

1. Одним из путей снижения аэрологического риска являются переход на современные системы газового контроля. Структурная схема одной из таких систем представлена на рис. 2.

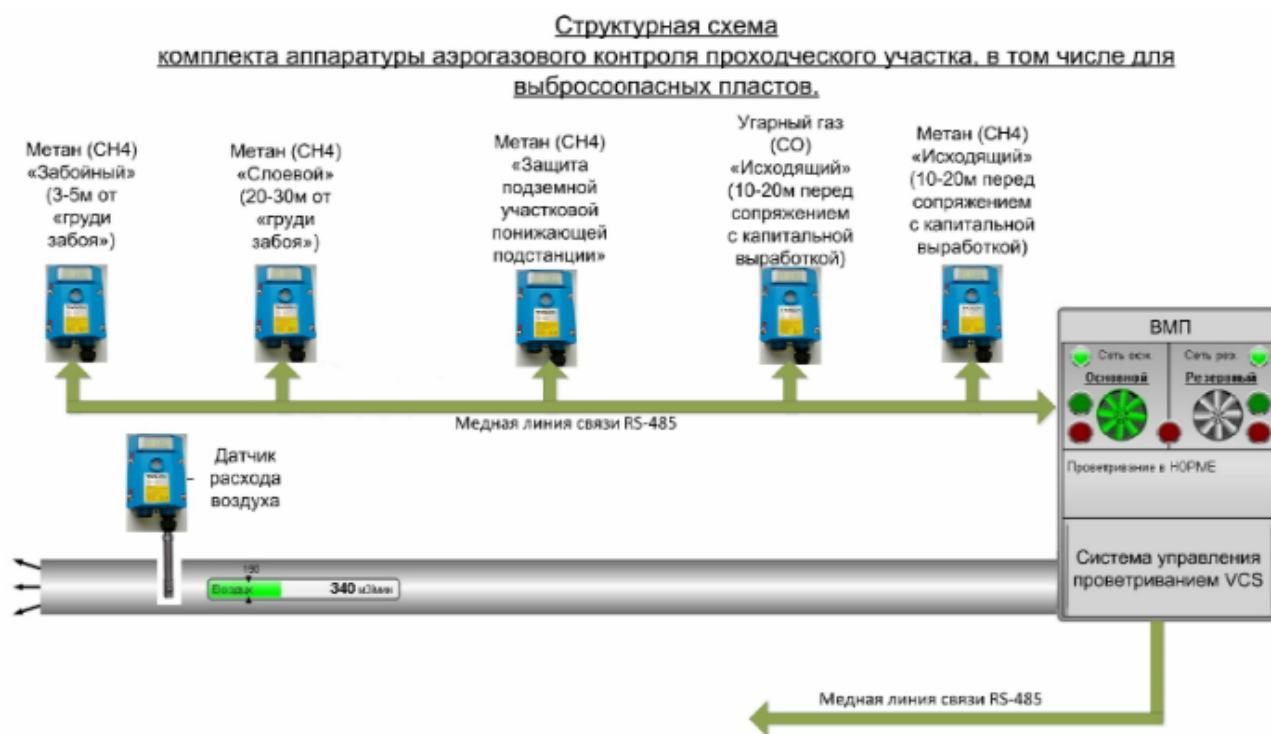


Рисунок 2 – Структурная схема комплекта аппаратуры аэрогазового контроля

Инновационными системами аэрогазового контроля предусматриваются (или, в некоторых случаях, должны предусматриваться) следующие функции:

- а) контроль концентраций CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, тяжелых углеводородов и других газов;
- б) контроль скорости воздуха и температуры;

- в) аварийная сигнализация на месте и у горного диспетчера о превышении предельно допустимых значений контролируемых параметров;
- г) автоматическое отключение электрооборудования;
- д) передача данных на сервер по магистральным каналам связи;
- е) отображение на терминалах полученной от датчиков информации;
- ж) хранение, обработка, предоставление по запросу обработанной информации в текстовом, табличном и графическом виде;
- и) выдача сигналов диспетчеру и оператору АГК о состоянии рабочего или резервного ВМП и скорости воздуха, поступающего в тупиковый забой по вентиляционному трубопроводу;
- к) местная световая сигнализация о состоянии рабочего и резервного ВМП и режиме проветривания;
- л) контроль положения дверей в вентиляционных сооружениях.

2. На данный момент единственным шахтным светильником, в функции которого входит получение информации о метановой опасности, является СМС. После реализации проекта по развертыванию wi-fi связи в горных выработках шахты, с прокладкой оптического кабеля и установкой базовых станций планируется замена существующих головных светильников на светильники нового технического уровня, оснащенные анализатором и сигнализатором концентрации метана, видеорегистратором, модулями позиционирования, системы опасного сближения, мониторинга состояния здоровья шахтера и передачи данных. Такие светильники смогут передавать информацию в реальном времени о состоянии шахтной атмосферы и сигнализировать об опасности при превышении предельно допустимых значений газодинамических параметров. Наличие обратной связи позволит диспетчеру с поверхности реализовать функцию аварийного оповещения.

3. Разрабатываются системы автоматизированного контроля и управления работой дегазации (АСКУД) (рис. 2).



Рисунок 3 – Структурная схема АСКУД

Они предназначены для выполнения следующих функций:

а) контроль концентрации метана в машинном отделении и помещении контрольно-измерительных приборов и автоматики, на выходе вакуум-насосной станции;

б) контроль расхода газовой смеси в газопроводе, разрежения, давления и температуры газовой смеси на входе вакуум-насосной станции;

в) контроль температуры корпуса двигателя вакуум-насоса, температуры корпуса подшипников «двигатель – вакуум-насос»;

г) контроль концентрации, температуры, давления газовой смеси в ключевых точках дегазационного трубопровода и на дегазационных скважинах;

д) контроль состояния задвижек и управление задвижками.

4. Совершенствуется и дополняется программное обеспечение вентиляционных и дегазационных расчетов. Шахты ДТЭК ЭНЕРГО используют программное обеспечение ИГТМ НАН Украины [2, 3], НИИГД «Респиратор» [4] и ряд других разработок. Для подготовки информации для функционирования программных комплексов используются данные установленных в шахте датчиков контроля аэрогазотермодинамических параметров (в ряде случаев они объединены в составе автоматизированной системы (рис. 4)).

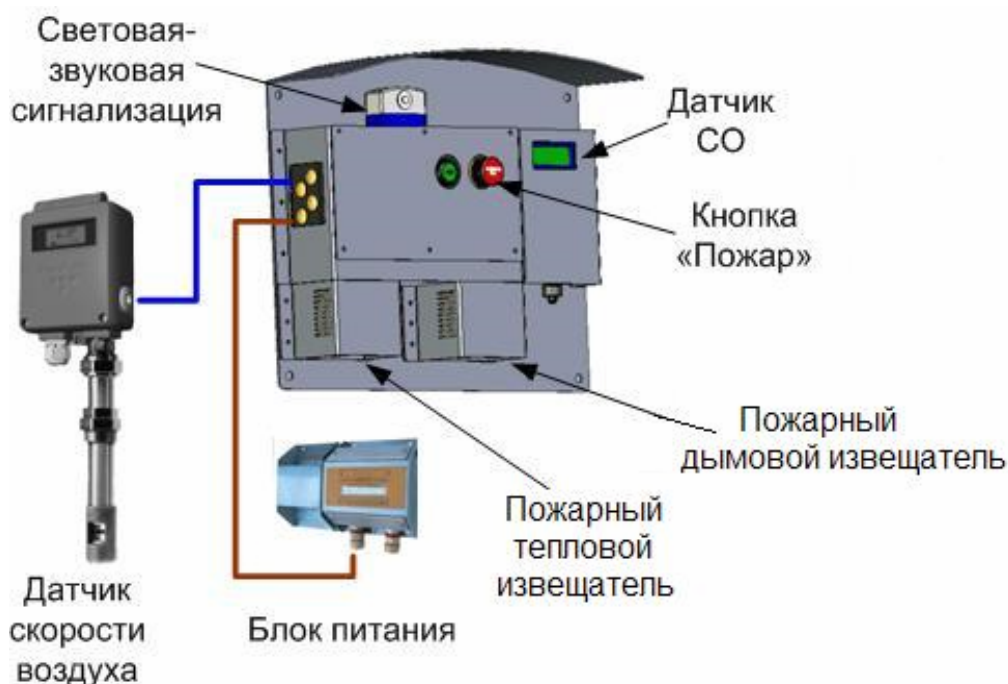


Рисунок 4 – Датчики контроля аэрогазотермодинамических параметров в ШВС

На основании полученных данных формируется и поддерживается виртуальная математическая модель вентиляционной системы шахты. С помощью специальных программ, находящихся в стадии разработки, можно в реальном времени моделировать фактическое состояние проветривания в нормальных и аварийных режимах.

5. В настоящее время из-за увеличения глубины разработки, вскрытия газоносных пластов, увеличения плановых нагрузок на очистные забои возникла



необходимость осуществления дополнительных работ по дегазации на шахтах им. Героев Космоса, Днепровская, им. Сташкова и Новодонецкая. Для этого на площадках перечисленных шахт планируется пробурить скважины для выдачи каптируемой метано-воздушной смеси на поверхность и приобрести дегазационные установки. Схема организации поверхностной дегазации представлена на рис. 5.

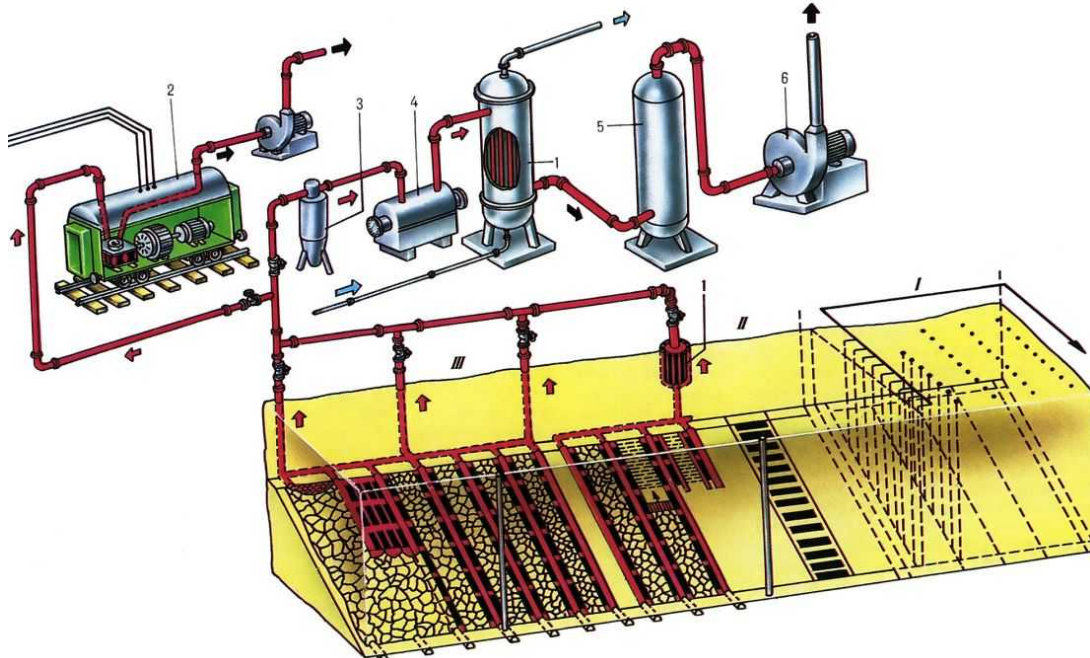


Рисунок 5 – Схема организации поверхностной дегазации

На шахте «Юбилейная» запущена в работу установка МДРС-200 на дегазационной скважине диаметром 600 мм. Потенциал данной установки – каптирование на поверхность до  $100 \text{ м}^3/\text{мин}$  чистого метана.

6. За период с 2016 по 2019 год (см. табл. 1) на шахтах ДТЭК ЭНЕРГО произошло 9 пожаров, 8 из которых были ликвидированы активным способом силами членов ВГК до прибытия отделений ВГСС, а один (ша шахте им. Сташкова) повлек за собой изоляцию крыла шахты с простоем очистных и подготовительных забоев на срок более 3-х месяцев. Путь снижения пожарного риска – переход на современные системы автоматической пожарной защиты и системы раннего обнаружения и предотвращения пожаров. Схема такой системы представлена на рис. 6. Путем математического, имитационного и ситуационного моделирования и данных от датчиков температуры, дыма, СО, индикаторных газов производится поиск предполагаемого очага эндогенного или экзогенного пожара, выдача на экран пользователя позиций ПЛА, соответствующих найденному очагу пожара, и рекомендации по эффективному использованию для ликвидации аварии средств СПАЗ. При ликвидации аварии используются данные о количестве и местонахождении персонала под землей. В настоящее время используются программные комплексы ИГТМ НАН Украины [5], НИИГД «Респиратор» [6], однако они не предоставляют возможности работы в реальном времени и требуют совершенствования.





мощь им приходят инновационные научно-практические разработки в области управления техническими рисками, информационно-аналитические технологии моделирования и управления аэрогазотермодинамическими процессами в угольных шахтах, новые технические средства реализации задач техногенной безопасности в нормальных и аварийных условиях. Круг задач достаточно широк, но переход от концепции «нулевого риска» к риск-ориентированным технологиям управления промышленной безопасностью – объективная реальность на пути к вхождению Украины в ЕЭС и использования в практической деятельности его рекомендаций и нормативной базы [7-10].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бунько Т.В., Шишов М.В., Мирошниченко В.В., Кокоулин І.Е. Состояние проветривания и противоаварийной защиты шахт и перспективы их совершенствования // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. Днепр, 2017. С. 47-58.
2. Бунько Т.В., Ефремов І.А., Кокоулин І.Е. Опыт внедрения компьютерной технологии организации проветривания на угольных шахтах Украины // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук праць. Дніпропетровськ, 2003. Вып. 41. С. 228-234.
3. Полтавец В.И., Булат А.Ф., Бунько Т.В. [и др.] Использование компьютерных технологий при проектировании вентиляции угольных шахт. Луганск-Днепропетровск, 2003. 343 с.
4. Кравченко М.В., Кравченко Н.М. Опыт внедрения программного комплекса «Вентиляция шахт» // Уголь Украины. 2003. № 2. С. 26-28.
5. Урумов В.А., Шаранов Е.Ф., Кокоулин І.Е., Бондарева С.В. Внедрение подсистем «Проветривание» и «Авария» АСУ ТП НПО «Жезказганцветмет» // Безопасность труда в промышленности. 1993. № 5. С. 42-44.
6. Руководство по эксплуатации программной системы РЕВОД. Версия 4.2. Донецк: Академия горных наук Украины, Донбасский научный центр, 1999. 71 с.
7. DSTU ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю.
8. DSTU OHSAS 18001:2010 Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги.
9. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems Requirements with guidance for use.
10. DSTU ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT) Менеджмент ризиків. Принципи та настанови.

#### REFERENCES

1. Bunko T.V., Shishov M.V., Miroshnichenko V.V. and Kokoulin I.Ye. (2017), "State of the ventilation and anti-emergency protection system in the mines and prospect of their improvement", *Geo-Technical Mechanics*, no. 134, pp. 47-58.
2. Bunko T.V., Yefremov I.A., Kokoulin I.Ye. (2003), "Experience of introduction of computer technology of organization of ventilation on the coal mines of Ukraine", *Geo-Technical Mechanics*, no. 41, pp. 228-234.
3. Poltavets V.I., Bulat A.F., Bunko T.V. [and others] (2003), *Opyt vnedreniya kompyuternoy tekhnologii organizatsii provetrivaniya na ugolnykh shakhtakh Ukrainy* [Use of computer technologies at planning of ventilation of coal mines], Lugansk-Dnepropetrovsk, UA.
4. Kravchenko M.V. and Kravchenko N.M. (2003), "Experience of introduction of programmatic complex is «Ventilation of mines», *Coal of Ukraine*, no. 2, pp. 26-28.
5. Urumov V.A., Ikhfyjd Ye.F., Kokoulin I.Ye., Bondareva S.V. (1993), "Introduction of subsystems «Ventilation» and «Emergency» to the ASC TP of «Zhezkazgantsvetmet NPO»", *Safety of labour in industry*, no. 5, pp. 42-44.
6. *Rukovodstvo po ekspluanfnsii programmnoy sistemy REVOD* [Guidance on exploitation of the programmatic system REVOD. Version 4.2]. Academy of mine sciences of Ukraine, Donbasskiy scientific center, Donetsk, UA.
7. DSTU ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Systemy upravlinnia yakistiu.
8. DSTU OHSAS 18001:2010 Systemy upravlinnia hiiienoiu ta bezpekoiu pratsi. Vymohy.
9. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems. Requirements with guidance for use.
10. DSTU ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT) Menedzhment riziklv. Printsipi ta nastanovi.

#### Об авторе

**Мирошниченко Вадим Владимирович**, магистр, начальник отдела вентиляции и дегазации департамента по техническому развитию дирекции по добыче угля ДТЭК ЭНЕРГО, Киев, Украина, [miroshnichenkovvl@dtek.com](mailto:miroshnichenkovvl@dtek.com)

#### About the author

**Myroshnichenko Vadym Volodymyrovych**, Master of Science, Head of Ventilation and Degassing group Technical Development Department of Coal Production directorate DFEK Energy, Kyiv, Ukraine, [miroshnichenkovvl@dtek.com](mailto:miroshnichenkovvl@dtek.com)

**Анотація.** ДТЕК ЕНЕРГО є найбільшою недержавною вугледобувною компанією України. Складні умови ведення гірничих робіт на її підприємствах (високі категорії за газовим чинником, небезпека за раптовими викидами тощо) вимагають вироблення інноваційних підходів до організації робіт в області охорони праці і

промислової безпеки. У зв'язку з цим введено поняття «критичний технічний ризик» (КТР), і в якості ризик-створюючих розглянуто техногенні аварії, що найчастіше зустрічаються на шахтах ДТЕК ЕНЕРГО - спалах метану, пожежа і раптовий викид. Для них необхідно скласти максимально деталізоване дерево наслідкових зв'язків, і на підставі його аналізу використовувати для зниження КТР існуючі і пропонувані інноваційні технології. Можуть бути використані: сучасні системи контролю аерологічного, температурного і газового режиму шахти, відключення електроенергії, передачі даних і аварійного сповіщення; засоби, пов'язані з організацією індивідуального сповіщення гірників щодо особливостей аварійної ситуації; системи управління роботою дегазації (АСКУД), що дозволяють контролювати концентрації, температури, тиск газоповітряної суміші у ключових точках дегазаційного трубопроводу і на дегазаційних свердловинах; програмне забезпечення інформаційно-аналітичних технологій вентиляційних і дегазаційних розрахунків з метою моделювання у реальному часі фактичного стану провітрювання у нормальному і аварійних режимах; здійснення поверхневої дегазації; вдосконалення пожежного захисту, автоматизоване введення в дію ПЛА і ефективне використання засобів СПАЗ; сучасні засоби пожежогасіння; системи виявлення небезпечного зближення. Використовування цих методів і методів, що розробляються, технічних і програмних засобів керування безпекою, технологічними і аерологічними ризиками дозволить вугільній промисловості використовувати нормативну базу і практичний досвід ЄЕС на шляху свого вдосконалення в області безпеки праці.

**Ключові слова:** критичний технічний ризик, газовий чинник, інноваційні методи і засоби, інформаційно-аналітичні технології, пожежний захист.

**Annotation.** The DTEK ENERGO is the most powerful private coal-mining company in Ukraine. Complicated conditions typical for the mining operations in its enterprises (high categories by gas factor, danger by sudden outbursts, etc.) require creating of innovative approaches to organization of works in the field of labour protection and industrial safety. To this end, a concept «critical technical risk» (CTR) was introduced, and the most frequent risk-creating technogeneuous emergencies happened in the DTEK ENERGO mines such as methane explosions, fires and sudden outbursts, were considered. For these emergencies, a maximally detailed tree of effect relations should be compiled, and on the basis of its analysis, the existing and new innovative technologies can be used for the KTR decrease, including: modern systems for controlling aerological, temperature and gas modes in mine, disconnection of electric power, data and emergency notification transmission; facilities related to organization of individual notification of miners about features of emergency situation; automatic systems for controlling gas drainage (ASCGD), which control concentrations, temperatures, pressures of gas-air mixture in the key points of gas-drainage pipeline and in the gas-drainage boreholes; software for information-analytical technologies for calculating vent and gas-drainage systems with the purpose of real-time modelling of factual state of ventilation in normal and emergency modes; realization of gas-drainage from the surface; improvement of fire protection, automatic start-up of plan of accident elimination and effective use of the system of anti-emergency defense facilities; modern fire-extinguishing means; systems for dangerous approach detection. Use of these and newly developed methods, software and hardware for controlling safety and technological and aerological risks will allow the Ukrainian coal industry to use the EEC normative base and practical experience and to improve safety of labour.

**Keywords:** critical technical risk, gas factor, innovative methods and facilities, information-analytical technologies, fire protection.

*Стаття надійшла до редакції 15.10. 2019*

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук Т.В. Бунько*