

IV. ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ

IV. PROBLEMS AND OPINIONS



Е. Н. Карнадуд // Ye. N. Karnadud
Karnaduden@gmail.com

канд. техн. наук, главный специалист электротехнического отдела ООО «Сибирский научно-исследовательский институт углеобогащения», Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Карболитовская, 1/173
candidate of technical sciences, chief specialist of electrotechnical department, ООО "Siberian scientific-research institute of coal preparation", 1/173, Karbolitovskaya Street, Kemerovo, 650000, Russia



А.А. Ярошик // A. A. Yaroshik
gerrard_30@mail.ru

студент 4 курса механического факультета ФГБОУ ВО «КемГУ», Россия, 650024, г. Кемерово, ул. Ю. Двужильного 32 «Б».
4th year student of the Mechanics Faculty, FGBOU VO "KemGU", 32 "B", Yu. Dvuzhilnogo Street, Kemerovo, 650024, Russia

УДК 331.45:65.01

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

MODERN TRENDS IN PRODUCTION PERSONNEL SAFETY PROVISION AT COAL INDUSTRY ENTERPRISES

Несмотря на положительную тенденцию в области обеспечения безопасности обслуживающего персонала при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, угольные компании инвестируют большие денежные средства с целью минимизации травм и гибели своих сотрудников, а также сотрудников подрядных организаций, осуществляющих свою деятельность на территории обогатительных фабрик, разрезов и шахт.

Одним из основных факторов, приводящих к возникновению опасных ситуаций на любом предприятии, является наличие в ограниченном пространстве большого количества подвижных частей механизмов (лент конвейеров, вибрационных сид грохотов и др.), а также необходимость выполнения трудовых обязанностей вблизи технологического оборудования.

Самым простым и эффективным средством защиты обслуживающего персонала от подвижных частей агрегатов является наличие ограждений вокруг опасных механизмов. Целостность ограждений контролируется датчиками. Однако датчики часто выходят из строя из-за механических повреждений, импульсных перенапряжений в цепи питания, а также тяжелых условий эксплуатации. В связи с производственной необходимостью обслуживающий персонал может снимать защитные ограждения. Таким образом, возникает ситуация, когда при отсутствии автоматической блокировки запуска механизма обслуживающий персонал выполняет свои трудовые обязанности в непосредственной близости от подвижных частей технологического оборудования, что в конечном итоге может повлечь за собой травмы и даже гибель людей.

Для предотвращения нештатного пуска технологического оборудования предлагается разработать автоматическую систему видеонаблюдения с применением методов компьютерного зрения. Подобные системы в режиме реального времени получают изображение с производственной площадки и посредством обработки полученной информацией с применением алгоритма компьютерного зрения, использующего локальные бинарные шаблоны, определяют наличие обслуживающего персонала на производственной площадке. При идентификации человека на полученном с видеокamеры изображении система формирует сигнал о запрете запуска (остановке) технологического оборудования.

Despite the positive trend in safety provision of service personnel in solid minerals mining and preparation coal companies continue to invest large amounts of money in order to minimize injuries and death cases among their employees, as well as employees of contractors operating at preparation plants, open-cast and underground mines.

One of the main factors leading to the dangerous situations' emergence at any enterprise is a large number of

moving parts of mechanisms (conveyor belts, vibration screens, etc.), presence in a restricted space as well as the need to perform labor duties near technological equipment.

The simplest and most effective means of protecting maintenance personnel from moving aggregate parts is the presence of fences around dangerous mechanisms. The integrity of fences is controlled by sensors. However, the sensors often fail because of mechanical damages, impulse overvoltages in the power circuit, and hard operating conditions. At the same time, because of production need, maintenance personnel can remove protective barriers. Thus, it is not uncommon for a situation where, on the one hand, there is no mechanism start automatic blocking, on the other hand, the service personnel carry out their labor duties in close proximity of technological equipment moving parts, which in the end can lead to injuries and even death of people.

To prevent non-standard start-up of technological equipment, it is proposed to develop an automatic video surveillance system using computer vision techniques. Such systems in real time receive an image from the production site and by processing the information obtained using a computer vision algorithm that uses local binary patterns, detect the maintenance personnel presence at the production site. When identifying a person on the image received from the camcorder, the system generates a signal about the prohibition of starting (stopping) technological equipment.

Ключевые слова: КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ГОРНЫЕ РАБОТЫ, УГЛЕОБОГАЩЕНИЕ, ЛОКАЛЬНЫЕ БИНАРНЫЕ ШАБЛОНЫ, ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ

Key words: COMPUTER VISION, SAFETY, MINING WORKS, COAL PREPARATION, LOCAL BINARY PATTERNS, VIDEO SURVEILLANCE

Цель исследования. Данная статья посвящена рассмотрению вопросов снижения травматичности для обслуживающего персонала подвижными частями механизмов и агрегатов при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых путем использования автоматизированных интеллектуальных систем видеонаблюдения.

Актуальность. На сегодняшний день обеспечение безопасности труда на угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях Кузбасса является одной из важнейших задач. Так, в 2016 году угольные предприятия на нужды промышленной безопасности потратили 4,3 миллиарда рублей, при этом решался следующий круг задач:

- подготовка спасательных команд и групп быстрого реагирования;
- обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты;
- повышение санитарно-технических условий труда;
- проведение анализа состояния системы охраны труда и промышленной безопасности
- закупка оборудования и приборов контроля.

Размер инвестиций в 2017 г на вышеперечисленные нужды сопоставим с 2016 г и на конец августа составил 2 миллиарда рублей [1].

Задача безопасной добычи угля настолько важна, что один из ведущих мировых произ-

водителей и экспортеров угля – СУЭК – отразил ее в своих стратегических приоритетах развития [2].

Существующие методы решения поставленной задачи. На сегодняшний день на территории Российской Федерации действуют ряд нормативных документов, регламентирующих порядок и правила проведения безопасных горных работ, в том числе:

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»;

ПБ 05-580-03 «Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей (сланцев)».

Согласно нормативно-технической документации основными средствами предотвращения травмирования обслуживающего персонала вращающимися частями технологического оборудования являются:

- защитные ограждения, которые исключают доступ обслуживающего персонала к вращающимся и подвижным частям технологического оборудования;
- датчики ограждения (рис. 1а), контролируемые снятие (нарушение) ограждения;
- кабель-тросовые выключатели (рис. 1б), которые позволяют аварийно останавливать привод конвейера с любого места по всей длине механизма;
- аварийные грибовидные кнопки с фиксацией

сацией (рис. 1б), осуществляющие местную блокировку, предназначенную для предотвращения пуска механизма с дистанционного поста управления (АРМ оператора);

- звуковые, а в отдельных случаях и светозвуковые сигнализаторы, предназначенные для предупредительной сигнализации о начале запуска технологического оборудования.

Защитные ограждения, средства блокировки запуска аппаратов и механизмов, а также предупредительная сигнализация в нормальных режимах работы технологического оборудования обеспечивают безопасную работу при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. Однако в процессе эксплуатации технологического оборудования угольная пыль, некорректные действия обслуживающего персонала, а также жесткие погодные условия приводят к выходу из строя средств противоаварийной автоматики, вследствие чего последние исключаются из схемы управления и блокировки, что является грубейшим нарушением правил безопасности и может привести к травмам и гибели людей. Кроме того, при уборке просыпей из-под лент конвейеров, очистке сит грохотов и кольцевых желобов сгустителей, проведении обслуживания и ремонтно-наладочных работ технологического оборудования возникает вероятность нештатного запуска привода механизма, что также может повлечь за собой несчастный случай.

Таким образом, по мнению авторов, существует необходимость в расширении номенклатуры приборов автоматизации для минимизации количества несчастных случаев вследствие деактивации средств противоаварийной блокировки, а также нештатных пусков технологического оборудования.

Постановка задачи. Авторы статьи предлагают развернуть на особо опасных технологических механизмах (дробилках, конвейерах, грохотах и др.) автоматизированную систему видеонаблюдения с применением методов компьютерного зрения. Данная система представляет собой совокупность средств фиксации видеоизображения, технического обеспечения,

а также информационного обеспечения, осуществляющего математическую обработку полученной информации с применением методов компьютерного зрения, в частности локальных бинарных шаблонов (local binary patterns).

Обзор литературы. Локальные бинарные шаблоны (ЛБШ) – это оператор (дескриптор), описывающий окрестность пикселя изображения в двоичной форме. ЛБШ является методом компьютерного зрения и используется главным образом для текстурного анализа изображений, однако существует ряд исследований, посвященных задаче идентификации человеческого лица с использованием данного дескриптора [3-6].

Локальные бинарные шаблоны предназначены для работы с монохромными изображениями. Монохромное изображение – это функция двух переменных $f(x, y)$, значение которой в координатах (x, y) является положительной скалярной величиной. Компьютерное зрение предназначено для работы с цифровыми изображениями, которые получаются в результате проведения процедур дискретизации и квантования. В результате операций дискретизации и квантования изображение представляет собой матрицу размерностью $M \times N$, каждый отдельный элемент данной матрицы (пиксель) характеризуется яркостью (интенсивностью), которая может принимать значения $[0, L-1]$. Максимальное значение L определяется выражением:

$$L = 2^k, \quad (1)$$

где k – количество бит, используемых для хранения яркости одного пикселя. Таким образом, яркость пикселя 8-ми битового монохромного изображения может принимать значения $[0, 255]$.

В простейшем случае оператор ЛБШ применяется к области изображения 3×3 пикселя [7] с центральным пикселем $n_c(x, y)$. Центральный пиксель окружен двумя горизонтальными и двумя вертикальными соседними пикселями n_i , чьи координаты определяются выражением:

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1), \quad (2)$$

а также четырьмя диагональными пикселями с координатами:

$$(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1). \quad (3)$$



Рисунок 1 – Датчик контроля ограждения (а), кабель-тросовый выключатель (б)
Figure 1 – Fence monitoring sensor (a), cable-rope switch (b)

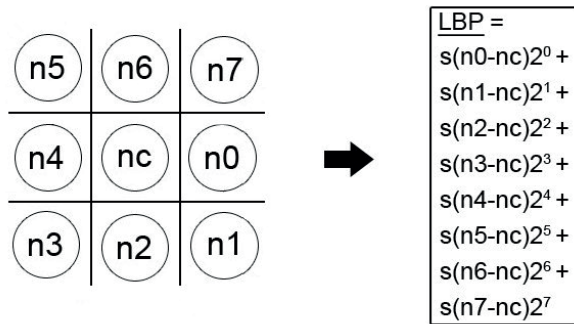


Рисунок 2 - Вычисление дескриптора ЛБШ
Figure 2 - Calculating the Descriptor of Local Binary Templates

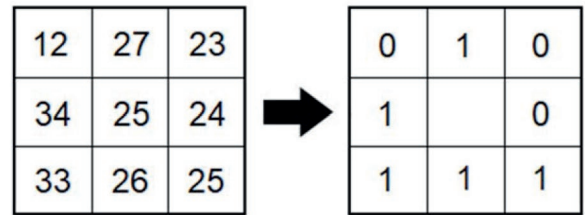


Рисунок 3 - Пример расчета ЛБШ для фрагмента изображения 3x3 пикселя
Figure 3 - Example of LBT calculation for 3x3 pixel image fragment

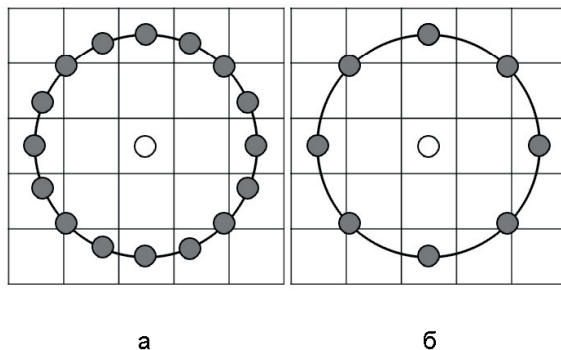


Рисунок 4 - Пример расширенного LBPP,R дескриптора:
б – LBP 16,2; а – LBP 8,2
Figure 4 - Example of an extended LBPP, R descriptor:
b – LBP 16,2; in – LBP 8,2

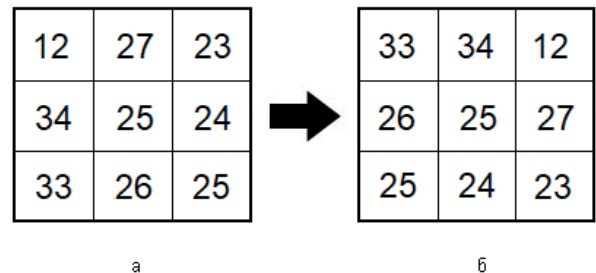


Рисунок 5 - Матрицы а и б идентичные друг другу, однако б получено путем вращения а на угол 45°
Figure 5 - The matrices a and b are identical to each other, but b was obtained by rotating a through an angle of 45°

Вычисление дескриптора ЛБШ включает в себя несколько этапов (рис. 2):

- формирование промежуточной матрицы, каждый элемент которой принимает значение 1, если $n_i - n_c \geq 1$ или 0 в противном случае;
- вычисление локального бинарного шаблона и перевод полученного значения в десятичную систему исчисления.

Вышеописанная последовательность действий может быть отражена в математическом выражении:

$$LBP(x, y) = \sum_{i=0}^{N-1} s(n_i - n_c) \cdot 2^i, \quad (4)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}, \quad (5)$$

На рисунке 3 представлен пример расчета ЛБШ для фрагмента изображения 3x3 пикселя. На первом этапе осуществляется преобразование (thresholding) исходной матрицы согласно выражению (5).

ЛБШ для указанного фрагмента:

$$LBP(x, y) = \sum_{i=0}^{N-1} s(n_i - n_c) \cdot 2^i = 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^7 = 242$$

Позже дескриптор ЛБШ был расширен [8] и более не накладывал ограничений на размер окрестности вокруг центрального пикселя (окружность радиусом R), а также на количество пикселей P , принадлежащих данной окрестности (рис. 4).

Математическое выражение для нахождения расширенного ЛБШ:

$$LBP_{P,R}(x, y) = \sum_{p=0}^{P-1} s(n_p - n_c) \cdot 2^p \quad (6)$$

Исходя из выражения (6) можно сделать вывод о том, что оператор ЛБШ является инвариантным к монотонным изменениям монохромных изображений. На практике это означает, что качество работы алгоритма, использующего дескриптор ЛБШ, не будет зависеть от изменений условий освещенности на производственной площадке.

Также существует еще одна вариация оригинального ЛБШ, так называемый единообразный шаблон (uniform patterns) $LBP_{P,R}^{u2}$. Локальный бинарный шаблон считается единообразным, если количество побитовых переходов от 0 к 1 или наоборот не превышает 2. Например, 00000001 (1 переход), 01000000 (2 перехода) – единообразные шаблоны, в то



Рисунок 6 – Пример обработки изображения, полученного в реальных производственных условиях дескриптором ЛБШ
Figure 6 – An example of processing an image obtained in real production conditions with a LBS descriptor

время как 01000001 (4 перехода) и 01011101 (6 переходов) таковыми не являются. Авторы данного подхода обратили внимание на то, что в большинстве ЛБШ количество побитовых переходов не превышает 2. Напомним, что двоичный код расширенного ЛБШ определяется по окружности (см. рис. 4). Это значит, что первый и последний биты объединены.

Использование единообразных шаблонов привело к тому, что сократилось количество значений, которые могут принимать ЛБШ (меток ЛБШ). Для расширенного ЛБШ это значение определяется как $LBP_{PR} = 2^P$, а для единообразного ЛБШ определяется выражением:

$$LBP_{PR}^U = P \cdot (P - 1) + 3 \quad (7)$$

Например, количество меток для расширенного ЛБШ для окрестности радиусом $R=1$ и количеством пикселей $P=8$ составляет 256, а для единообразного шаблона 59.

Исследования показали, что использование единообразных шаблонов привело к увеличению стабильности работы алгоритма распознавания изображения.

В задаче идентификации обслуживающего персонала промышленных установок остро стоит вопрос надежности используемого дескриптора с учетом всех возможных положений человеческого тела в пространстве. Рассмотрим пример: изображения, матрицы которых представлены на рисунке 5, идентичны друг другу, однако второе изображение (рис. 5б) получено путем вращения первого изображения (рис. 5а) на угол 45° .

Произведем перерасчет ЛБШ:

$$\begin{aligned} LBP(x, y) &= \sum_{i=0}^{N-1} s(n_i - n_c) \cdot 2^i = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + \\ &+ 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^7 : \\ &= 203 \end{aligned}$$

Сравнив значения ЛБШ для указанного примера ($242 \neq 203$), можно сделать заключение,

что базовый и единообразный ЛБШ не предназначены для работы с реальными изображениями. Для преодоления данного недостатка применяется так называемый повернутый локальный бинарный шаблон (rotated local binary pattern) [9]. Повернутый локальный бинарный шаблон (ПЛБШ) характеризуется введением понятия «доминирующее направление» (dominant direction). Доминирующее направление определяется максимальной разностью центрального и соседствующего пикселей:

$$D = \arg \max_{p \in \{0, 1, \dots, P-1\}} |n_p - n_c| \quad (8)$$

В исходном изображении доминирующее направление определяется пикселем с интенсивностью 34 (соответствующий индекс D выделен жирным) 01001111, в повернутом изображении доминирующее направление также определено пикселем с интенсивностью 34, однако оно смещено на 2 шага 11010011. Таким образом, зная смещение доминирующего направления D, можно определить ПЛБШ из уравнения:

$$RLBP_{R,P} = \sum_{p=0}^{P-1} s(n_p - n_c) \cdot 2^{\text{mod}(p-D, P)} \quad (9)$$

Заключение. Локальные бинарные шаблоны главным образом предназначены для проведения текстурного анализа изображений, однако они обладают рядом положительных свойств, таких как инвариантность к равномерному изменению освещенности и вращению искомого объекта (ПЛБШ). Кроме того, вычисление ЛБШ не требует привлечения больших вычислительных ресурсов. Проанализировав работу предварительно обученного алгоритма компьютерного зрения, использующего локальные бинарные шаблоны (см. рис. 6), можно сделать вывод о том, что данный подход может быть применен для построения автоматизированной системы видеонаблюдения, функционирующей в режиме реального времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Главные задачи Кузбасса: вопросы безопасности и развитие угледобывающей промышленности // МИА «Россия сегодня». [Электрон-

- ный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/economy/20170827/1501163353.html>
2. Наш подход – Устойчивое развитие СУЭК // Официальный сайт СУЭК. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.suek.ru/sustainability/our-approach>
 3. Ahonen T., Hadid A., Pietikäinen M. Face Recognition with Local Binary Patterns. In: Pajdla T., Matas J. (eds) Computer Vision - ECCV 2004. ECCV 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3021. Springer, Berlin, Heidelberg.
 4. D. Huang, C. Shan, M. Ardebilian, Y. Wang, and L. Chen. Local Binary Patterns and Its Application to Facial Image Analysis: A Survey. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011, 4, 41, pp.1-17. □10.1109/TSMCC.2011.2118750□
 5. G. Heusch, Y. Rodriguez and S. Marcel. «Local Binary Patterns as an Image Preprocessing for Face Authentication». FGR '06 Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp 9-14.
 6. I. Chingovska, A. Anjos, and S. Marcel. «On the effectiveness of local binary patterns in face anti-spoofing». In IEEE International Conference of the Biometrics Special Interest Group, 2012.
 7. T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood. «A comparative study of texture measures with classification based on featured distribution,» Pattern Recognition, vol. 29, no.1, pp. 51–59, 1996.
 8. Ojala, T., Pietikäinen, M., Mäenpää, T.: Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 24(7), 971–987 (2002)
 9. R. Mehta, K. Egiazarian. Rotated Local Binary Pattern (RLBP): Rotation invariant texture descriptor. Pattern Recognition Letters, vol. 71 Issue C, pp. 16-22, February 2016 .

REFERENCES

1. Glavnyie zadachi Kuzbassa: voprosy bezopasnosti i razvitie uglekhimii [Kuzbass main tasks: the coal chemistry safety and development issues]. MIA "Rossia segodnia MIA Russia today. Retrieved from: <https://ria.ru/economy/20170827/1501163353.html> [in Russian].
2. Nash podkhod – Ustoichivoie razvitie SUEK [Our approach – Stable SUEK development]. Retrieved from: <http://www.suek.ru/sustainability/our-approach/> [in Russian].
3. Ahonen T., Hadid A., Pietikäinen M. Face (2004) Recognition with Local Binary Patterns. In: Pajdla T., Matas J. (eds) Computer Vision - ECCV 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3021. Springer, Berlin, Heidelberg [in English].
4. D. Huang, C. Shan, M. Ardebilian, Y. Wang, and L. Chen. (2011). Local Binary Patterns and Its Application to Facial Image Analysis: A Survey. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 4, 41, pp.1-17 [in English].
5. G. Heusch, Y. Rodriguez and S. Marcel. Local Binary Patterns as an Image Preprocessing for Face Authentication. FGR '06 Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp 9-14 [in English].
6. I. Chingovska, A. Anjos, and S. Marcel. (2012). On the effectiveness of local binary patterns in face anti-spoofing. In IEEE International Conference of the Biometrics Special Interest Group [in English].
7. T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood. (1996). A comparative study of texture measures with classification based on featured distribution, Pattern Recognition, vol. 29, no.1, pp. 51–59, [in English].
8. Ojala, T., Pietikäinen, M., Mäenpää, T. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 24(7), 971–987 [in English].
9. R. Mehta, K. Egiazarian. (2016). Rotated Local Binary Pattern (RLBP): Rotation invariant texture descriptor. Pattern Recognition Letters, vol. 71 Issue C, pp. 16-22, [in English].



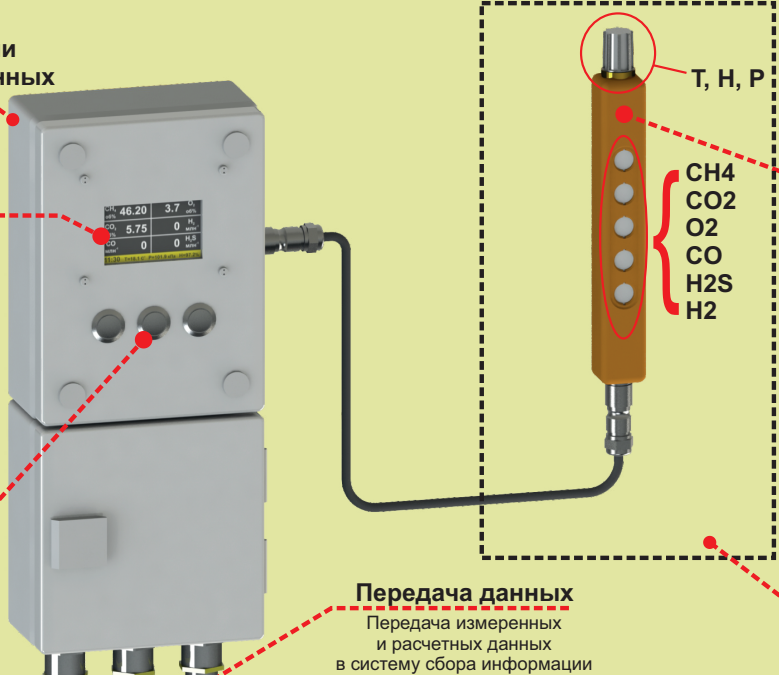
GaSos

Стационарный газоанализатор контроля параметров атмосферы в зоне отработанного пространства

Блок индикации и передачи данных

Индикация
Цветной графический экран позволяет отображать данные в режиме «онлайн» для всех измеренных параметров одновременно. Возможен вывод любой статистики в виде графиков или диаграмм.

Управление
Антивандажные кнопки



Выносной блок для измерения концентрации газов и контроля параметров атмосферы

Измерение до 6 газов одновременно, а также температуры, относительной влажности и абсолютного давления одним блоком диффузионным методом без проботоорборного насоса. Данная методика измерения позволяет снизить энергопотребление и повысить надежность газоанализатора

Зона отработанного пространства

Передача данных
Передача измеренных и расчетных данных в систему сбора информации шахты по цифровому интерфейсу RS-485 и по аналоговому выходу 0,4-2В

на правах рекламы

indsafe.ru