

DOI: 10.24000/0409-2961-2024-3-80-85

УДК 622.861:658.284

© А.В. Новиков, К.В. Паневников, И.В. Писарев, 2024

# Определение местоположения людей в горных выработках угольной шахты — реальность и мифы



**А.В. Новиков,**  
канд. техн. наук, инженер-проектировщик,  
novikov@granch.ru



**К.В. Паневников,**  
директор  
по внедрению



**И.В. Писарев,**  
начальник группы  
проектирования

ООО НПФ «Гранч», Новосибирск, Российская Федерация

Проведено сравнение систем определения местоположения работников в горных выработках угольных шахт. Рассмотрены принципиальные отличия систем зонального и непрерывного действия. Выполнен анализ на соответствие каждой системы требованиям правил безопасности в угольных шахтах по конструктивному устройству, функциональности и техническим параметрам. Показано, что в современной системе непрерывного действия благодаря ее конструктивным особенностям реализуются дополнительные функции по обеспечению промышленной безопасности и организационного характера, расширяющие практическую ценность таких устройств.

**Ключевые слова:** местоположение людей, горные выработки, угольная шахта, правила безопасности, нормативные требования, конструктивное устройство, промышленная безопасность, многофункциональная система безопасности.

**Для цитирования:** Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. Определение местоположения людей в горных выработках угольной шахты — реальность и мифы // Безопасность труда в промышленности. 2024. № 3. С. 80–85.  
DOI: 10.24000/0409-2961-2024-3-80-85

## Location of Personnel in Coalmine Excavations — Reality and Myths

**A.V. Novikov,** Cand. Sci. (Eng.), Design Engineer, novikov@granch.ru, ООО НПФ «Гранч», Novosibirsk, Russian Federation

**K.V. Panevnikov,** Implementation Director, ООО НПФ «Гранч», Novosibirsk, Russian Federation

**I.V. Pisarev,** Lead of Design Group, ООО НПФ «Гранч», Novosibirsk, Russian Federation

**Abstract.** The study considers the systems of location of workers in coalmine excavations; the application of such systems is regulated by the Safety rules in coalmines. It has been shown that in Russian coalmines, zonal-type systems and continuous systems are operated. The compliance of each type of system with the requirements of the Safety rules in terms of design, functionality, and technical parameters has been assessed. The features of building a zonal-type system as to the methodology of placing tag readers in excavations have been determined. The continuous system functionality has been analyzed. It has been shown that in addition to the main function of personnel's location, the system acquires other useful properties, i.e., the use of gas analyzers installed in the headlamp to transmit measurements in real-time mode indicating a measurement location; the implementation of two-way voice communication between a mining dispatcher and workers in excavations via individual headlamps. By the results of the study, the concluding provisions have been formulated: in zonal-type location systems, it is possible to meet the regulatory requirement for a five-second data update period on the condition that the maximum distance between readers does not exceed 60 meters; in continuous personnel's location systems, due to their design features, additional functions to ensure industrial safety and organizational properties are implemented, expanding the practical value of such devices.

**Keywords:** personnel's location, excavations, coalmine, safety rules, regulatory requirements, design feature, industrial safety, multifunctional safety and security system.

**For citation:** Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Location of Personnel in Coalmine Excavations — Reality and Myths. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2024. № 3. pp. 80–85. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2024-3-80-85

## Введение

В Правилах безопасности в угольных шахтах [1] содержатся требования о необходимости оборудования в горных выработках шахты, надшахтных зданиях и сооружениях комплекса систем и средств для организации и обеспечения безопасности ведения горных работ, контроля и управления технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях с объединением их в многофункциональную систему безопасности (МФСБ).

В составе МФСБ особое значение имеют системы, предназначенные для обеспечения связи, опо-

вещения и определения местоположения людей, поскольку объектом контроля и управления здесь является персонал. Среди этих систем особого внимания заслуживает Система определения местоположения людей в горных выработках как наиболее обсуждаемая в печати и на различных форумах на предмет ее функциональности и соответствия требованиям нормативных документов.

Предметом исследования является Система определения местоположения людей в горных выработках угольных шахт, представленная как Система позиционирования.

### Требования к устройству и функционированию Системы позиционирования

Согласно [1] Система позиционирования, равно как и остальные автоматизированные системы, составляющие МФСБ, должна соответствовать требованиям промышленной безопасности и технического регулирования, обеспечения единства средств измерений и стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, автоматизированные системы управления, информационные технологии, измерительные системы и газоаналитическое оборудование.

Главное требование к Системе позиционирования состоит в том, что «информация о местоположении людей должна выводиться в диспетчерский пункт с периодом обновления не более пяти секунд» [1].

Кроме того, есть еще одно требование, хотя и не относящееся непосредственно к Системам позиционирования (требование к системам аварийного оповещения), но в ряде случаев реализуемое именно средствами определения местоположения людей: «диспетчер должен иметь возможность оповещать людей и получать оповещение о приеме сигнала вызова» [1].

Следует помнить и о требованиях организационного характера: «запрещается нахождение людей в горных выработках шахты без средств индивидуальной защиты органов дыхания изолирующего типа, головных светильников и технических устройств определения местоположения, аварийного оповещения, поиска и обнаружения» [1].

В целом требования к Системам позиционирования имеют весьма лаконичную форму. Очевиден тот факт, что минимизация требований, граничащая с их полным отсутствием, к содержанию Систем позиционирования (конструктивное устройство, функциональность, технические характеристики) определяет свободу выбора руководителями угледобывающих предприятий конкретного варианта исполнения приобретаемого образца. Здесь за основу принимается прежде всего стоимостный показатель, а вопросы безопасности, как можно предположить, отодвигаются на второй план.

### Практика применения технологий определения местоположения людей в горных выработках

В настоящее время в угольных шахтах наибольшее распространение получили два вида Систем позиционирования: системы непрерывного действия и системы зонального типа [2–5].

При построении систем первого вида в горных выработках с помощью базовых станций (точек доступа), монтируемых по протяженности выработок, создается сплошное радиополе. Каждый человек перед спуском в шахту обеспечивается (укомплектовывается) индивидуальным устройством, которое через базовые станции выходит на связь с сервером системы. Информация о местоположении отобража-

ется на автоматизированном рабочем месте (АРМ) оператора системы на масштабной схеме шахты в режиме реального времени. Точность определения координат местоположения людей, достигнутая в ряде систем, определяется разрешением в  $\pm 20$  м, что соответствует [6].

Системы позиционирования зонального типа строятся с применением считывателей, устанавливаемых в узловых точках сети горных выработок, с организацией локальных участков (зон), включающих от одной до нескольких выработок (частей выработок) и имеющих длину до сотен метров. Связь индивидуальных устройств (меток) со считывателями осуществляется по радиоканалу в пределах диапазона действия считывателя: от 30 до 50 м. Местоположение каждого человека определяется с точностью до участка горных выработок, ограничиваемого парой ближайших считывателей, удаленных друг от друга на расстояние от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Такая технология определения местоположения людей не имеет отношения к режиму реального времени и допускает ситуации, при которых люди в горных выработках, находясь вне зоны действия считывателей, могут некоторое время быть «невидимыми» для горного диспетчера (оператора системы).

Выяснив сущность каждого вида систем, оценим, в какой мере они выполняют требование [1] об обязательном выводе информации о местоположении людей в диспетчерский пункт с периодом обновления не более 5 с.

Для систем непрерывного действия с учетом их функциональности и параметров данное требование реализуемо, поскольку они в процессе работы формируют и передают на-гора информацию о местоположении людей в режиме реального времени. Главная задача при построении Системы позиционирования состоит в обеспечении устойчивой связи между базовыми станциями, а также между индивидуальными устройствами и базовыми станциями. Важно, что в таких Системах позиционирования обновляемая информация о местоположении людей всегда актуальна и пригодна для использования в системе поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией.

Системы позиционирования зонального типа, напротив, требуют обстоятельного изучения в целях определения возможного наличия участков горных выработок, в которых люди оказываются «невидимыми». Здесь пятисекундное обновление информации о зарегистрированных на считывателях индивидуальных метках малопродуктивно, поскольку она не будет отображать истинное (с разрешением не хуже, чем  $\pm 20$  м) местоположение людей в шахте, возможно, длительное время. Поэтому для выполнения требований необходима доработка таких систем путем увеличения числа считывателей для сокращения расстояния между соседними, установленными на

противоположных границах выработки, приборами. Производитель, проектировщик и заказчик систем зонального типа должны обеспечивать расстановку считывателей таким образом, чтобы зона возможного поиска работника, застигнутого аварией, была не более 20 м. А это означает, что максимальное расстояние между считывателями не может превышать 40–60 м.

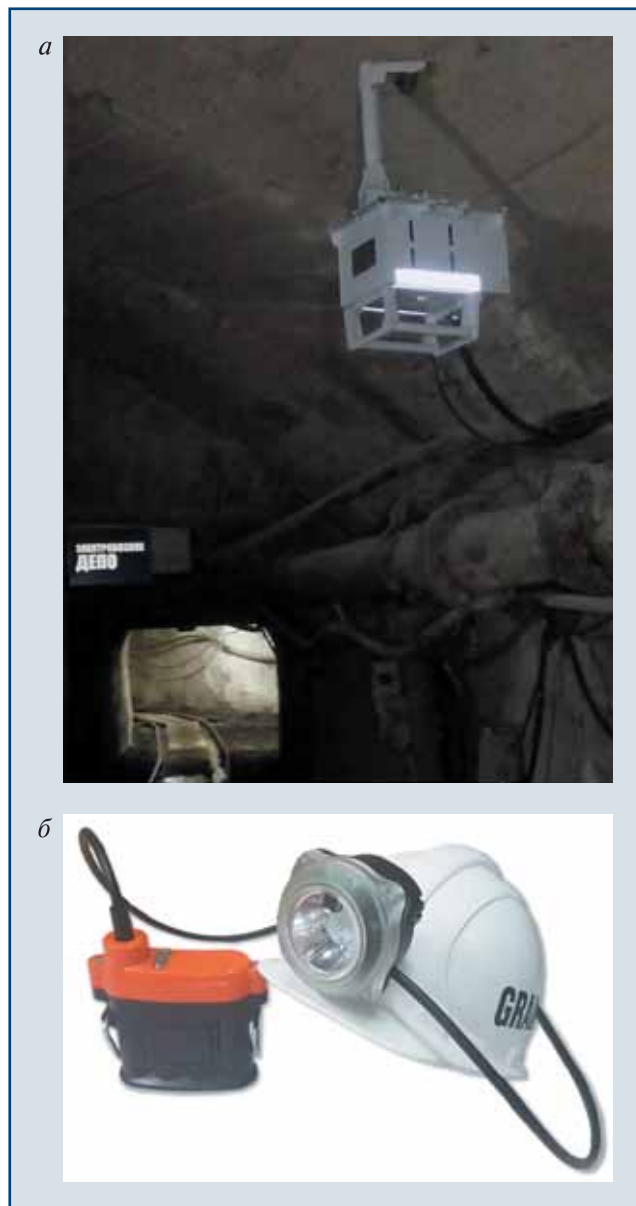
Можно предположить, что изложенный подход к порядку построения систем зонального типа является указанием на обстоятельное изучение находящихся в эксплуатации образцов с последующим принятием решения о их модернизации либо полной замене, после чего можно будет говорить об их соответствии требованиям [1]. В качестве приемлемых вариантов могут быть приняты к рассмотрению системы непрерывного действия и системы точного позиционирования зонального типа с параметрами, обеспечивающими нормативные требования и, соответственно, необходимый уровень безопасности проведения горных работ.

#### Особенности эксплуатации Системы позиционирования непрерывного действия

В настоящем разделе показаны основные функции и технические характеристики одного из современных образцов Системы позиционирования: Система многофункциональная связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, SBGPS (далее — SBGPS).

Как отмечалось, объектом контроля этой системы являются люди. Поэтому с помощью нее не только обеспечивается выполнение требований промышленной безопасности, но и решаются организационные задачи [7–9].

*Устройство SBGPS.* Как и все системы подобного рода, SBGPS имеет наземную и подземную части. Основные наземные составляющие — сервер (ядро системы) и АРМ горного диспетчера. Подземная инфраструктура связи строится с применением базовых станций (рис. 1, а), монтируемых в горных выработках под кровлей или на боку на расстояниях друг от друга, обеспечивающих устойчивую связь по технологии Wi-Fi. Основная функция (определение местоположения работника) реализуется при спуске человека в горные выработки с помощью индивидуального устройства оповещения с функциями головного аккумуляторного светильника (рис. 1, б), осуществляющего радиосвязь с базовыми станциями, передающими данные на сервер для дальнейшей обработки. Между устройством оповещения и сервером реализован двухсторонний обмен данными с периодом обновления информации не более пяти с. На сервере данные о местоположении людей обрабатываются до нужной формы и далее передаются на АРМ горного диспетчера, где отображаются на масштабной трехмерной схеме шахты, фрагмент которой показан на рис. 2, а. На рис. 2, б иллюстриру-



▲ Рис. 1. Технические средства системы SBGPS:

а — базовая станция; б — устройство оповещения

▲ Fig. 1. Technical tools of SBGPS system:

а — base station; б — alerting system

ется порядок работы горного диспетчера в качестве оператора системы.

В SBGPS как в многофункциональной автоматизированной системе реализуются функции трех систем: определения местоположения (наблюдения); аварийного оповещения; поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией. При этом первые две системы реализуются на одном и том же комплекте технических средств, а их многочисленные функции выполняются за счет программной составляющей. Третья система работает с применением специального поискового прибора, предназначенного для локального поиска застигнутых аварией людей непосредственно в горных выработках. Работа с прибором поиска должна строиться с учетом и применением





▲ Рис. 2. Система SBGPS (отображение местоположения людей на схеме горных выработок):

*a* — фрагмент схемы с отображением координат местоположения в графической форме; *б* — работа со схемой горного диспетчера как оператора системы

▲ Fig. 2. SBGPS system (displaying personnel's location on the excavation scheme):

*a* — a fragment of the scheme displaying the location coordinates in graphical form; *b* — operating the scheme of mining dispatcher as a system operator

данных о местоположении людей в горных выработках на начало возникновения аварии, полученных Системой позиционирования.

Помимо основных функций, с которыми SBGPS успешно справляется, представляют интерес некоторые дополнительные, такие как контроль метана (и других газов) и голосовая связь между диспетчером и работником в шахте.

**SBGPS и контроль метана.** В соответствии с требованиями [1] в индивидуальном устройстве оповещения, например в головном светильнике, встроен сигнализатор метана. В дополнение к требованиям датчик метана работает в режиме газоанализатора. Сигнал о превышении порогового

значения в объемных долях метана подается голосовыми сообщениями и дублируется световыми пульсациями. Важен тот факт, что работник имеет возможность узнать текущее содержание метана, нажав на многофункциональную кнопку управления устройством оповещения и получив соответствующее голосовое сообщение. Работа устройства оповещения в таком режиме, по сути, делает его газоанализатором. Кроме того, в устройстве оповещения предусмотрена возможность встраивания датчиков обнаружения других газов: оксида углерода, кислорода и диоксида углерода. При соответствующем решении такие устройства, как светильники со встроенными газоанализаторами, могут быть полезной заменой индивидуальным переносным газоанализаторам. Тем более что в случае с SBGPS решен вопрос проведения измерений в непрерывном режиме и передачи данных на пульт горного диспетчера с отображением координат мест замеров, как показано на рис. 3. Это придает значимости измерениям, поскольку они сопровождаются временным и координатным факторами, а также значительной выборкой за счет применения нескольких средств измерений в локальных участках горных выработок. Описанная методика именуется сканирующим газовым контролем [10, 11]. Немаловажен и тот факт, что информация о превышениях пороговых значений концентраций контролируемых газов автоматически в режиме реального времени по электронной связи передается в управляющую компанию.



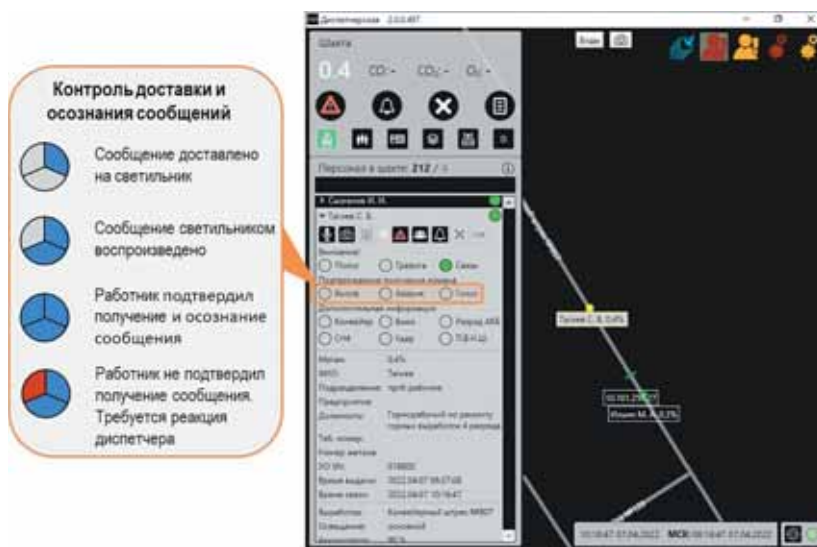
▲ Рис. 3. Порядок отображения на схеме горных выработок текущих значений концентрации метана в местах нахождения людей

▲ Fig. 3. The order of displaying the values of methane concentration in personnel's locations on the excavation scheme

**SBGPS и организация производства.** Работа SBGPS в непрерывном режиме позволяет организовать оперативную связь между горным диспетчером и работником как одним из важных организационных звеньев. Основным элементом такой связи является устройство оповещения — головной светильник, всегда пребывающий с горняком при работе в горных выработках. На начальных стадиях создания SBGPS

горный диспетчер имел возможность отправить шаблонное сообщение из нескольких слов, получение которого работник должен был подтверждать путем нажатия кнопки управления на фаре устройства оповещения. При этом в дополнение к осознанному действию работника по подтверждению получения команды эта информация с устройства оповещения автоматически отправлялась на АРМ горного диспетчера.

В настоящее время методика получила развитие: горный диспетчер имеет возможность отправить произвольную голосовую фразу (команду) продолжительностью до 15 с, которую работник получает на свое устройство оповещения в режиме реального времени, подтверждая этот факт нажатием кнопки управления на фаре устройства оповещения. Информация о такой операции, отображаемая на АРМ горного диспетчера, показана на рис. 4. Важно, что в SBGPS контролируется не только отправка сообщения (шаблонного или голосового), но и его доставка, воспроизведение и, главное, его осознание работником и реакция на получаемое сообщение [12].



▲ Рис. 4. Графическая иллюстрация методики отправки диспетчером голосовых команд

▲ Fig. 4. Graphical illustration of the methodology of voice commands sent by the dispatcher

### Выводы

1. В системах определения местоположения людей зонального типа возможно выполнение нормативного требования по соблюдению периода обновления данных 5 с при условии: максимальное расстояние между считывателями должно быть не более 60 м.

2. В системах определения местоположения людей непрерывного действия благодаря их конструктивным особенностям реализуются дополнительные функции по обеспечению промышленной безопасности и организационного характера, расширяющие практическую ценность таких устройств.

### Список литературы

1. *Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. 9-е изд., испр. и доп. Сер. 05. Вып. 40. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2023. 202 с.*
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 (138). С. 93–98.*
3. *Ваганов В.С. Правила безопасности в угольных шахтах — развитие многофункциональных систем безопасности// Горная Промышленность. 2017. № 2 (132). С. 77–83.*
4. *Насибуллина Т.В. Выбор технологии передачи данных для построения цифрового рудника// Горная Промышленность. 2023. № 6. С. 51–55. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-6-51-55*
5. *Ваганов В.С., Урусов Л.В. Анализ способов организации сетей передачи данных для построения современных МФСБ в угольных шахтах// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 3. С. 72–81.*
6. *ГОСТ Р 55154—2019. Оборудование горно-шахтное.*

Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Общие технические требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170005> (дата обращения: 26.02.2024).

7. *Костеренко В.Н. Современные системы наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией в шахтах и подземных пространствах// Безопасность объектов ТЭК. 2015. № 1. С. 102–105.*

8. *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. С. 65–69. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-65-69*

9. *Ваганов В.С., Гоффарт Т.В., Дубков И.С. Развитие мобильных устройств в составе компьютерных сетей угольных шахт// Горная Промышленность. 2018. № 1 (137). С. 54–58.*

10. *ГОСТ Р 59283—2020. Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Аэрогазовый контроль. Сканирующий контроль метана и оксида углерода. Общие технические требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177256> (дата обращения: 26.02.2024).*

11. *Гоффарт Т.В., Новиков А.В., Паневников К.В. Сканирующий (динамический) газовый контроль в угольных шахтах// Безопасность труда в промышленности. 2017. № 6. С. 59–62. DOI: 10.24000/0409-2961-2017-6-59-62*

12. *Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. О способах повышения уровня промышленной безопасности в угольной шахте// Горная Промышленность. 2022. № 2. С. 36–38.*

## References

1. Safety rules in coalmines: Federal rules and regulations in the field of industrial safety. 9 izd., ispr. i dop. Ser. 05. Iss. 40. Moscow: ZAO NTTs PB, 2023. 202 p. (In Russ.).
2. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multi-functional coal mine safety system — practices of use of personnel's location and alerting systems. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2018. № 2 (138). pp. 93–98. (In Russ.).
3. Vaganov V.S. Safety rules in coalmines — the development of multifunctional safety and security systems. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2017. № 2 (132). pp. 77–83. (In Russ.).
4. Nasibullina T.V. Selection of data transmission technology for digital mine design. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2023. № 6. pp. 51–55. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-6-51-55 (In Russ.).
5. Vaganov V.S., Urusov L.V. Analysis of methods of organization data networks for building modern MFSB in coal mines. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti = Vestnik of safety in coal mining scientific center*. 2016. № 3. pp. 72–81. (In Russ.).
6. GOST R 55154—2019. Mining equipment. Multifunctional safety systems of the coal mines. General technical requirements. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200170005> (accessed: February 26, 2024). (In Russ.).
7. Kosterenko V.N. Modern systems of video surveillance, alerting and searching of personnel caught by an accident in mines and underground spaces. *Bezopasnost obektov TEK = Safety of TEK facilities*. 2015. № 1. pp. 102–105. (In Russ.).
8. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multi-functional coal mine safety system: visualisation of events (mining processes) form the miner's workplace. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2021. № 5. pp. 65–69. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-65-69 (In Russ.).
9. Vaganov V.S., Goffart T.V., Dubkov I.S. Development of mobile devices as a part of computer networks of coalmines. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2018. № 1 (137). pp. 54–58. (In Russ.).
10. GOST R 59283—2020. Mining equipment. Multipurpose safety systems for coal mines. Aerogas control. Scanning Control of Methane and Carbon Monoxide. General technical requirements. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200177256> (accessed: February 26, 2024). (In Russ.).
11. Goffart T.V., Novikov A.V., Panevnikov K.V. Scanning (Dynamic) Gas Control in the Coal Mines. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2017. № 6. pp. 59–62. DOI: 10.24000/0409-2961-2017-6-59-62 (In Russ.).
12. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Regarding the factors of improving industrial safety in a coal mine. *Gornaya Promyshlennost = Mining Industry*. 2022. № 2. pp. 36–38. (In Russ.).

E-mail: [novikov@granch.ru](mailto:novikov@granch.ru)

Материал поступил в редакцию/ Received 05.02.2024

После рецензирования/ Revised 28.02.2024

Принят к публикации/ Accepted 06.03.2024

## По страницам научно-технических журналов

март 2024

Вести газовой науки  
(научно-технический сборник)

**Модель и методика расчета проницаемости зернистых материалов/ А.А. Аливердиев, Д.П. Волков, Б.А. Григорьев и др. 2023. № 4 (56). С. 12–19.**

Рассмотрены модели различных авторов и формулы на их основе для расчета проницаемости пористых материалов. Предложены новая полиструктурная модель и методика расчета проницаемости зернистых материалов. Результаты расчета по рассмотренным и вновь разработанным моделям сопоставлены с экспериментальными данными о проницаемости зернистых материалов.

**Результаты сопоставительного расчета забойного давления для горизонтальных скважин со значительным отходом от вертикали в условиях залегания сеноманских отложений/ Д.Г. Фатеев, Д.К. Токарев, Б.Б. Ханов и др. 2023. № 4 (56). С. 90–99.**

В данной работе рассматривается проблематика определения забойного давления расчетным путем в горизонтальных газовых ERD-скважинах (англ. extended reach drilling — с большим отходом от вертикали) на месторождении в Западной Сибири в условиях залегания сеноманских отложений. Авторы работы рассматривают ряд существующих методик для расчета

забойного давления в скважинах различной конструкции, а также описывают уравнение, используемое для решения одномерной стационарной задачи движения реального газа. Представленные методики были консолидированы в инструкции Р Газпром 086–2010 по комплексным исследованиям газовых скважин.

Авторами проанализированы результаты работы скважин рассматриваемого газового месторождения. Сопоставлены результаты расчета забойного давления двумя способами, которые позволили воспроизвести показания датчиков, расположенных на забое скважин, в пределах допустимой погрешности.

**Шиков И.А., Жданов К.Ю., Рочев А.Н. Подход к определению коэффициентов фильтрационных сопротивлений газоконденсатной скважины. 2023. № 4 (56). С. 209–213.**

Работа посвящена совершенствованию методики расчета коэффициентов фильтрационных сопротивлений в условиях низкой продуктивности газоконденсатных скважин. Представлен способ, основанный на практике обработки результатов газодинамических исследований на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки. Предложенный способ будет интересен работникам инженерно-технического состава, а также студентам технических специальностей, производящих исследовательские работы и контроль разработки месторождений.