

Определение местоположения людей в горных выработках угольной шахты: реальность и мифы

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

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

Резюме: Проведено сравнение систем определения местоположения работников в горных выработках угольных шахт. Рассмотрены принципиальные отличия систем зонального и непрерывного действия. Выполнен анализ и оценено соответствие каждого вида систем требованиям Правил безопасности в угольных шахтах по конструктивному устройству, функциональности и техническим параметрам. Показано, что в современной системе непрерывного действия благодаря конструктивным особенностям обеспечиваются дополнительные функции по промышленной безопасности и организационного свойства, расширяющие практическую ценность таких устройств, а в случае с системой зонального действия возможно выполнение нормативных требований в течение пятисекундного периода обновления данных при условии, что максимальное расстояние между считывателями не превышает 60 м.

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. *Горная промышленность*. 2024;(5S):06–10. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5S-06-10>

Spatial positioning of people in workings of a coal mine: reality and myths

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

LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation
✉ panevnikov@granch.ru

Abstract: The paper compares systems for determining the location of workers in coal mine workings. Fundamental differences of zonal and continuous systems are considered. Each type of system has been analysed and its compliance with the requirements of the Safety Rules in coal mines has been assessed in terms of structural design, functionality and technical parameters. It is shown that modern continuous action systems offer additional industrial safety and organisational functions due to their design features, which increase the practical value of such devices, and in the case of a zonal action system, it is possible to meet regulatory requirements within a five-second period data update, provided that the maximum distance between readers does not exceed 60 meters.

The personnel spatial positioning systems of the zonal type make it possible to fulfil the normative requirement for the data update period of five seconds while maintaining the maximum distance between the readout devices of not more than 60 m.

Keywords: personnel’s location, excavations, coalmine, safety rules, regulatory requirements, design features, industrial safety, multifunctional safety and security system

For citation: Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Spatial positioning of people in workings of a coal mine: reality and myths. *Russian Mining Industry*. 2024;(5S):06–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5S-06-10>

Введение

В Правилах безопасности в угольных шахтах¹ (далее – Правила безопасности) содержатся требования о необходимости оборудования в горных выработках шахты, надшахтных зданиях и сооружениях комплекса систем и средств по обеспечению организации и осуществлению

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, оповещения и определения местоположения людей, поскольку объектом контроля и управления здесь является персонал. Среди этих систем заслуживает внимания Система определения

¹ Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО «НТЦ ПБ»; 2023. 202 с.

местоположения людей в горных выработках как наиболее обсуждаемая уже длительное время в печати и на различных форумах по функциональности и соответствию требованиям нормативных документов [1].

С учетом изложенного предметом рассмотрения в настоящей статье является именно Система определения местоположения людей в горных выработках угольных шахт, именуемая иначе как система позиционирования.

Требования к устройству и функционированию системы определения местоположения людей в горных выработках

Согласно Правилам безопасности Система определения местоположения людей в горных выработках (далее – Система позиционирования), равно как и остальные системы автоматизированные, составляющие МФСБ, должна соответствовать требованиям в области промышленной безопасности и технического регулирования, обеспечения единства средств измерений и стандартов на взрывозащитное электрооборудование, автоматизированные системы управления, информационные технологии, измерительные системы и газоаналитическое оборудование.

Конкретное требование к параметрам Системы позиционирования состоит в том, что *«информация о местоположении людей должна выводиться в диспетчерский пункт с периодом обновления не более пяти секунд»*.

Кроме того, здесь уместно привести еще одно требование, хотя и относящееся непосредственно к системам аварийного оповещения, но в ряде случаев реализуемое средствами определения местоположения людей: *«диспетчер должен иметь возможность оповещать людей и получать оповещение о приеме сигнала вызова»*.

Нельзя упустить и требование организационного характера: *«запрещается нахождение людей в горных выработках шахты без СИЗОД изолирующего типа, головных светильников и технических устройств определения местоположения, аварийного оповещения, поиска и обнаружения»*.

В целом конкретные 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 руководителя угледобывающих предприятий в конкретном варианте (исполнении) приобретаемого образца. Здесь за основу принимается прежде всего стоимостной показатель, а вопросы безопасности, можно предположить, остаются на втором плане.

Практика применения технологий определения местоположения людей в горных выработках

В настоящее время в угольных шахтах получили распространение в основном два вида Систем позиционирования: системы непрерывного действия и системы зонального типа [1–4].

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

положении отображается 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 ± 20 м, что соответствует ГОСТ Р 55154–2019 ².

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 длины 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 расстоянии 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 принципиальную сущность каждого вида систем, оценим, в какой мере они выполняют требование Правил безопасности об обязательном выводе информации о местоположении людей в диспетчерский пункт с периодом обновления не более пяти секунд.

Для систем непрерывного действия с учетом имеющихся 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 и между индивидуальными устройствами и базовыми станциями. Важно, что в таких Системах позиционирования обновляемая информация о местоположении людей всегда актуальна и пригодна для использования при необходимости в системе поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией.

Системы позиционирования зонального типа, напротив, требуют обстоятельного изучения с целью 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 ± 20 м) местоположение людей в шахте, возможно, длительное время. Поэтому для выполнения требований необходима доработка таких Систем позиционирования путем увеличения числа считывателей для сокращения расстояния между соседними, установленными на противоположных границах выработки, приборами.

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

² ГОСТ Р 55154–2019. Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Общие технические требования. М.: Стандартинформ; 2019. 22 с.ф

Можно предположить, что изложенный подход к порядку построения систем зонального типа является указанием на обстоятельное изучение находящихся в эксплуатации образцов с последующим принятием решения по их модернизации либо полной замене, после чего можно будет говорить об их соответствии требованиям Правил безопасности. 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 производства горных работ.

Особенности эксплуатации системы позиционирования непрерывного действия

В настоящем разделе показаны основные функции и технические характеристики одного из современных образцов рассматриваемых Систем позиционирования, именуемого как «Система многофункциональная связи, наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией, «SBGPS» (далее – «SBGPS»).

Как было отмечено выше, объектом контроля в этой системе являются люди. Поэтому здесь не только обеспечивается выполнение требований промышленной безопасности, но и решаются организационные задачи [5–7].

Устройство «SBGPS»

«SBGPS», как и все системы подобного рода, имеет наземную и подземную части. Основные наземные составляющие – сервер (ядро системы) и автоматизированные рабочие места (АРМ), основное из которых – 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) при спуске человека в горные выработки реализуется 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 секунд. 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 иллюстрируется 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 осуществляются на одном и том же комплекте технических средств, а различные функции выполняются за счёт программной составляющей. Третья система работает с применением специального поискового прибора для осуществления локального поиска застигнутых аварией людей непосредственно в горных выработках. Работа с прибором поиска должна строиться с учетом и применением данных о местоположении людей в горных выработках на начало возникновения аварии, полученных Системой позиционирования.

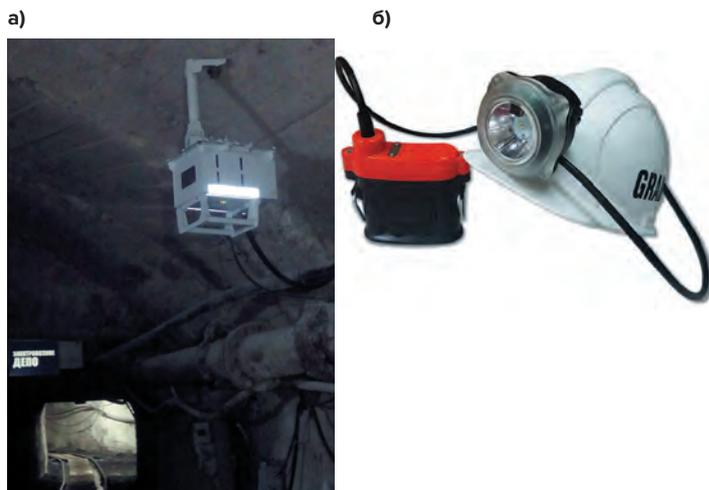


Рис. 1
Технические средства системы «SBGPS»: а – базовая станция; б – устройство оповещения

Fig. 1
Hardware components of the SBGPS system: а – a base station; б – a warning device

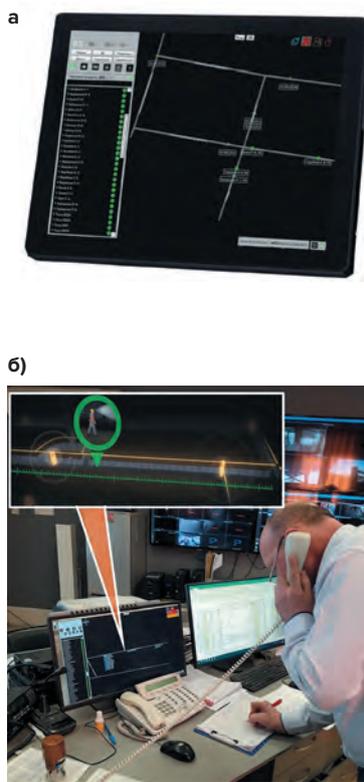


Рис. 2
Система «SBGPS»: отображение местоположения людей на схеме горных выработок: а – фрагмент схемы с отображением координат местоположения в графической форме; б – иллюстрация работы горного диспетчера со схемой в качестве оператора системы

Fig. 2
The SBGPS system: displaying the location of people on the mine map: а – a fragment of the map with the location coordinates displayed as graphics; б – illustration of the mining dispatcher's work with the map as the system operator

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

«SBGPS» и контроль метана

В соответствии с требованиями Правил безопасности в индивидуальном устройстве оповещения, как 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

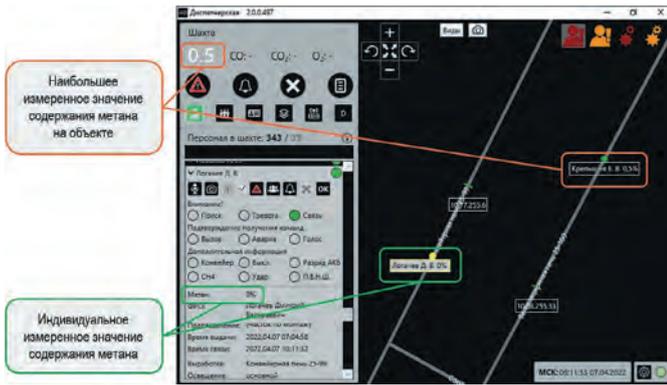


Рис. 3
Система «SBGPS»: порядок отображения на схеме горных выработок текущих значений концентрации метана в местах нахождения людей

Fig. 3
The SBGPS system: the order of displaying the current values of methane concentration in places where people are located on the mine map

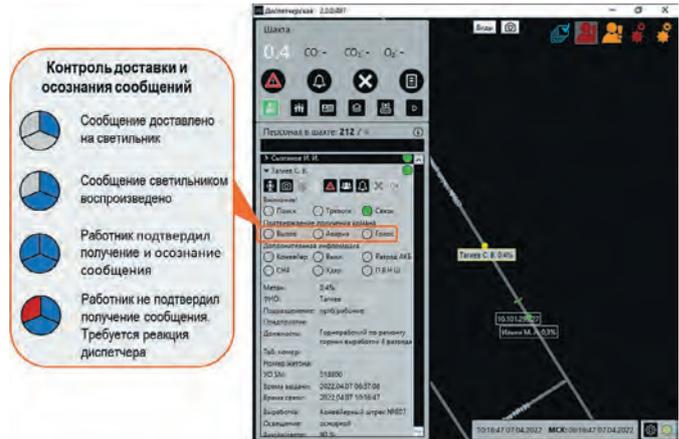


Рис. 4
Система «SBGPS»: графическая иллюстрация методики отправки диспетчером голосовых команд

Fig. 4
The SBGPS system: a graphical illustration of the method to send voice commands by the dispatcher

дублируется световыми пульсациями. Важен тот факт, что работник имеет возможность узнать текущее содержание метана, нажав на многофункциональную кнопку управления устройства оповещения и получив голосовое сообщение. Работа устройства оповещения в таком режиме делает его по сути газоанализатором.

В устройстве оповещения предусмотрена возможность встраивания датчиков 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 производства измерений в непрерывном режиме и передачи их на пульт горного диспетчера с отображением координат мест замеров, как показано на рис. 3. Это придает значимость 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 как сканирующий газовый контроль³ [8]. 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.

«SBGPS» и организация производства

Работа «SBGPS» в непрерывном режиме позволяет организовать оперативную связь между горным диспетчером и работником, как один из организационных звеньев. Основным элементом такой связи является устройство оповещения – головной светильник, находящийся в горных выработках всегда с работником. На начальных стади-

ях 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, осознание работником, а также его реакция на получаемое сообщение [9].

Заключение

1. В системах определения местоположения людей зонального типа возможно выполнение нормативного требования по периоду обновления данных в пять секунд при соблюдении следующего условия: максимальное расстояние между считывателями должно быть не более 40–60 м.
2. В системах определения местоположения людей непрерывного действия благодаря конструктивным особенностям реализуются дополнительные функции по промышленной безопасности и организационного свойства, расширяющие практическую ценность таких устройств.

³ ГОСТ Р 59283–2020. Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Аэрогазовый контроль. Сканирующий контроль метана и окиси углерода. Общие технические требования. М.: Стандартинформ; 2021. 11 с.

Список литературы / References

- 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.
Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Multifunctional safety systems for coalmines – operational experience in indoor positioning subsystem and personnel alerting subsystem. *Russian Mining Industry*. 2018;(2):93–98. (In Russ.)
- Ваганов В.С. Правила безопасности в угольных шахтах – развитие многофункциональных систем безопасности. *Горная промышленность*. 2017;(2):77–83.
Vaganov V.S. Safety regulations for underground coal mines – development of multifunctional safety systems. *Russian Mining Industry*. 2017;(2):77–83. (In Russ.)
- Насибуллина Т.В. Выбор технологии передачи данных для построения цифрового рудника. *Горная промышленность*. 2023;(6):51–55. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-51-55>
Nasibullina T.V. Selection of data transmission technology for digital mine design. *Russian Mining Industry*. 2023;(6):51–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-51-55>
- 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):72–81.
Vaganov V.S., Urusov L.V. Analysis of methods of organization data networks for building modern MFSB in coal mines. *Bulletin of Research Center for Safety in Coal Industry (Industrial Safety)*. 2016;(3):72–81. (In Russ.)
- Костеренко В.Н. Современные системы наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией в шахтах и подземных пространствах. *Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса*. 2015;(1):102–105.
Kosterenko V. Modern systems of monitoring, alerting and locating people caught in an accident in mines and underground spaces. *The Security and Safety of Fuel and Energy Complex Facilities*. 2015;(1):102–105. (In Russ.)
- 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):65–69. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-5-65-69>
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. *Russian Mining Industry*. 2021;(5):65–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-5-65-69>
- 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>
Vaganov V.S., Goffart T.V., Dubkov I.S. Development of mobile devices for coalmines computer networks. *Russian Mining Industry*. 2018;(1):54–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-54-58>
- Гоффарт Т.В., Новиков А.В., Паневников К.В. Сканирующий (динамический) газовый контроль в угольных шахтах. *Безопасность труда в промышленности*. 2017;(6):59–62. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-6-59-62>
Goffart T.V., Novikov A.V., Panevnikov K.V. Scanning (dynamic) gas control in the coal mines. *Occupational Safety in Industry*. 2017;(6):59–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-6-59-62>
- Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. О факторах повышения уровня промышленной безопасности в угольной шахте. *Горная промышленность*. 2022;(2):46–48. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-2-46-48>
Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Regarding the factors of improving industrial safety in a coal mine. *Russian Mining Industry*. 2022;(2):46–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-2-46-48>

Информация об авторах

Новиков Александр Владимирович – кандидат технических наук, инженер-проектировщик по АСУП, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация; e-mail: novikov@granch.ru

Паневников Константин Владимирович – директор по внедрению, ООО Научно-производственная фирма «Гранч», г. Новосибирск, Российская Федерация; e-mail: panevnikov@granch.ru

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

Information about the authors

Alexander V. Novikov – Cand. Sci. (Eng.), automated control system design engineer, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: novikov@granch.ru

Konstantin V. Panevnikov – Director of Implementation, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: panevnikov@granch.ru

Igor V. Pisarev – Head of the Design and Creation Group of Automated Process Control Systems, LLC Scientific and Production Firm “Granch”, Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: pisarev@granch.ru

Article info

Received: 17.08.2024

Revised: 08.10.2024

Accepted: 17.10.2024

Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.08.2024

Поступила после рецензирования: 08.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024