

# Решения для подземной шахтной навигации в кризисных ситуациях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2020-4-00-00>

## НАСИБУЛЛИНА Т.В.

Начальник научно-технического  
отделения ООО НПФ «Гранч»,  
630015, г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: [goffart@granch.ru](mailto:goffart@granch.ru)

## ЛУКАШОВ О.Ю.

Директор  
ООО «Шахтэксперт-системы»,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: [mail@minesoft.ru](mailto:mail@minesoft.ru)

*В случае аварийной ситуации на угольной шахте в соответствии с Правилами безопасности предусмотрен вывод людей по Плану ликвидации аварии. В статье описан комплекс современных решений ООО НПФ «ГРАНЧ» и ООО «Шахтэксперт-системы», обеспечивающий возможности оперативного управления персоналом шахты и горноспасателями в кризисных ситуациях. Приведены данные об используемых технологиях и результатах их экспериментальной проверки на этапе подготовки к соревнованиям ВГСЧ.*  
**Ключевые слова:** угольная шахта, подземная навигация, вывод людей, определение местоположения, план ликвидации аварии.

**Для цитирования:** Насибуллина Т.В., Лукашов О.Ю. Решения для подземной шахтной навигации в кризисных ситуациях // Уголь. 2020. № 4. С. 00-00. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-00-00.

## ВВЕДЕНИЕ

Угольные шахты являются опасными производственными объектами и в соответствии с требованиями Правил безопасности [1] оснащаются многофункциональными системами безопасности (МСФБ). Функции МСФБ – обеспечение аэрологической безопасности, определение местоположения персонала в горных выработках шахты, аварийное оповещение и поиск людей, застигнутых аварией, а также ряд других. На шахтах составляется план ликвидации аварий (ПЛА), определяющий порядок действий по спасению людей и ликвидации последствий аварий. В соответствии с Инструкцией по составлению ПЛА [2] для обеспечения оперативного управления при аварии сеть горных выработок разбивается на отдельные позиции ПЛА,

которые наносятся на схему вентиляции шахты. В позиции определяются вид аварии, место ее возникновения и намечаются меры по спасению людей и ликвидации аварии. Время эвакуации ограничено временем защитного действия самоспасателя.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДЗЕМНОЙ НАВИГАЦИИ

Современные технологии открывают возможности по автоматизации процесса вывода людей из шахты при аварии, позволяют решить задачи оперативного управления действиями горноспасателей и существенно сократить время эвакуации. Важнейшей информацией при аварии в угольной шахте являются сведения об аэрогазовой обстановке и местоположении людей в сети горных выработок.

Передовые решения научно-производственной фирмы «Гранч» (ООО НПФ «Гранч», г. Новосибирск) позволяют существенно сократить время получения этих сведений за счет многофункциональной системы безопасности «Умная Шахта\*». Входящая в ее состав система оповещения и определения местоположения персонала «SBGPS» обеспечивает непрерывное (ежесекундное) точное позиционирование людей в шахте – до  $3 \pm 1$  м, дополняя его показаниями встроенных в головной шахтерский светильник датчиков опасных и вредных газов (сканирующий газовый контроль) [3]. В совокупности с показаниями стационарных датчиков системы аэрогазового контроля (АГК) это дает возможность сформировать более комплексное понимание о ситуации в шахте в реальном режиме времени, принять решения о проведении целенаправленной (адресной) разведки, сократить время нахождения горноспасателей под землей и общее время спасательной операции.

При этом, благодаря нескольким уровням резервирования линий питания и связи, система «SBGPS» остается работоспособной не только в нормальных технологических условиях, но и при аварии, и после нее. На рис. 1 представлен вид рабочего окна программы АРМ горного диспетчера.

Логическим шагом в развитии «SBGPS» стала реализация элементов управления людьми в кризисных ситуациях (застигнутых аварией), чтобы максимально сократить риски при выходе людей из шахты за счет оказания им информационной поддержки и сопровождения при движении вплоть до выдачи конкретных указаний. Для этого в 2017-2019 гг. в «SBGPS» были реализованы: возможность

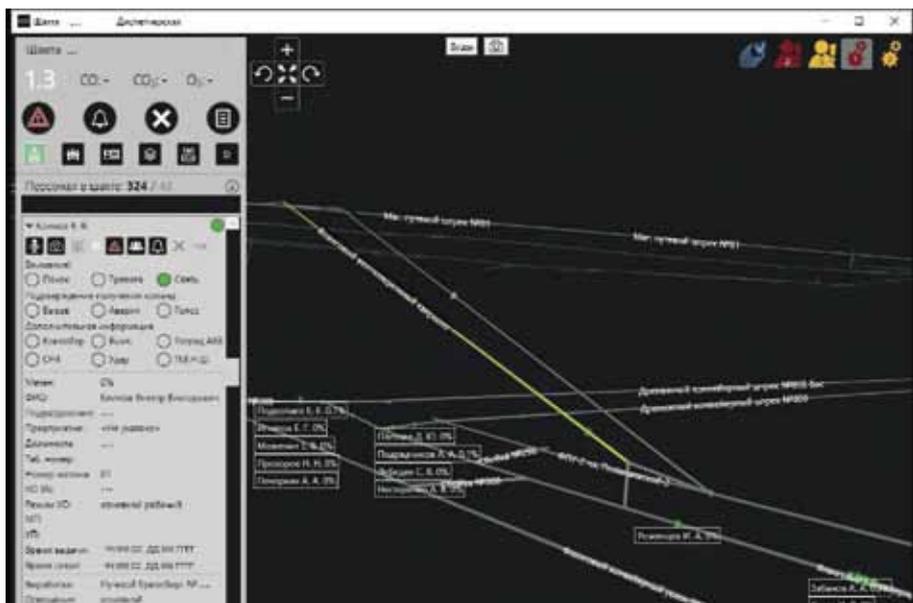


Рис. 1. Определение местоположения в системе «SBGPS» (НПФ «Гранч»)

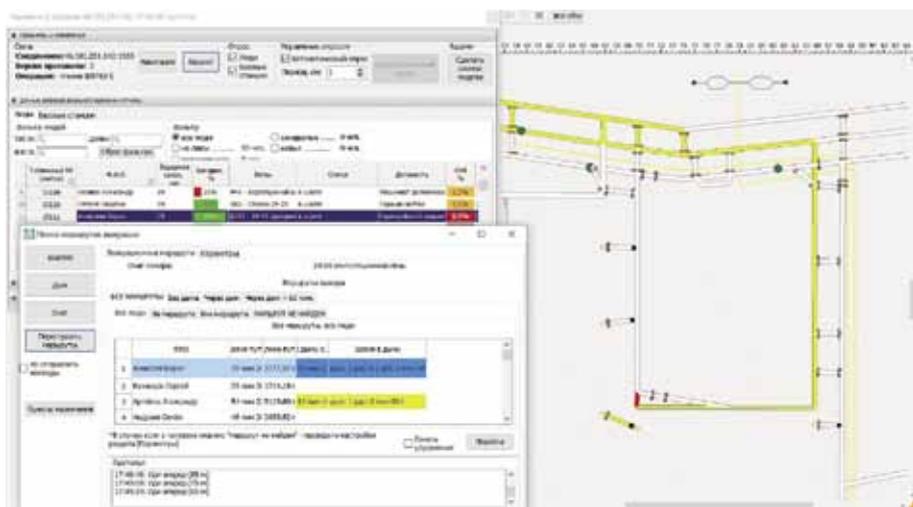


Рис. 2. Пользовательский интерфейс ПК «Вентиляция 2»

передачи произвольного звукового сообщения диспетчером каждому шахтеру индивидуально и/или группе людей, а также элементы подземной навигации. Последнее достигается за счет интеграции системы со специализированным программным комплексом (ПК) «Вентиляция 2» (ООО «Шахтэксперт-системы», г. Кемерово).

Принцип технологии подземной навигации заключается в следующем. ПК «Вентиляция 2» получает в режиме реального времени из системы «SBGPS» точные координаты персонала, находящегося в подземных горных выработках. Оператор имеет возможность моделировать в ПК «Вентиляция 2» аварийную ситуацию – указать место и параметры очага пожара, рассчитать аварийное воздухораспределение [4], определить маршруты и скорость распространения дыма, рассчитать маршруты и скорости выхода горнорабочих из шахты. Оператор инициирует навигацию горнорабочих путем указания места обнаружения дыма, последующим расчетом маршрутов выхо-

да и собственно запуска навигационного процесса.

Процесс инициации занимает 5-10 мин. Далее производится формирование пула навигационных команд для каждого человека, команды поступают в «SBGPS» и передаются на индивидуальные устройства оповещения (головные светильники) шахтеров. Все навигационные команды являются персональными и сопровождаются информацией о расстояниях, например «50 м прямо», «через 10 м направо». В случае отклонения от расчетного маршрута ПК «Вентиляция 2» сначала дважды информирует человека об этом факте, а затем рассчитывает для него новый маршрут (рис. 2). При этом, оператор имеет возможность запустить навигацию сразу для всех находящихся в шахте, рассчитать маршруты выхода отдельной группы людей. В настоящее время производительности ПК «Вентиляция 2» и «SBGPS» хватает для одновременной автоматической навигации не менее 500 человек.

Кроме автоматического режима навигации, оператор может отправлять индивидуальные команды отдельным людям, находящимся в шахте, в ручном режиме. Это может оказать помощь в экстренных случаях, когда требуется сопровождение отдельно взятого человека. Например, если он заблудился в задымленном пространстве. Таким образом, в перспективе расчет маршрутов может быть выполнен как в соответствии с заранее разработанными позициями ПЛА, так и с учетом реальных дан-

ных о задымлении, переданных с датчиков систем аэрогазового контроля или с газовых сенсоров, встроенных в головные шахтерские светильники, по беспроводному каналу Wi-Fi.

На рис. 3 представлено индивидуальное устройство оповещения SBGPS Light-4 (УО). Устройство рассчитано на 10 ч работы в основном режиме плюс дополнительно 36 ч в специализированном режиме поиска, обеспечивающем возможность обнаружить пострадавшего. УО позволяет шахтеру самостоятельно отправить с места происшествия (авария, травма) горному диспетчеру сигнал «Тревога» в случае необходимости оказания помощи, а горному диспетчеру позволяет оперативно отправить не только заранее заданное, но и произвольное голосовое сообщение каждому шахтеру индивидуально или группе. Устройство имеет до четырех встроенных газовых сенсоров, поддерживает уникальную технологию сканирующего газового контроля.

### АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ НАВИГАЦИИ

Апробация технологии подземной навигации проводилась на замкнутом участке горных выработок шахты им. С.М. Кирова, протяженностью около 1 км, оборудованном для проведения отборочных этапов соревнований среди вспомогательных горноспасательных команд, входящих в группу предприятий АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) в 2018-2019 гг. [5].

В связи с тем, что описанная выше технология подземной навигации в мировой практике при выводе людей из шахты до сих пор нигде не применяется, авторы столкнулись с рядом организационно-технических проблем на этапе ее апробации. В частности, была обнаружена недостаточная точность данных о самих выработках в местах их сопряжений и об углах поворотов – при подготовке модели топологии сети горных выработок требуется исключить упрощенное представление и обеспечить соответствие плану горных работ. При значительном скоплении людей в одном месте возникает ситуация, когда одновременное воспроизведение команд навигации большим числом УО затрудняет восприятие команды и создает негативное впечатление у персонала. При тестировании корректировке подвергались сами команды и формат их воспроизведения, в том числе, эксперименты показали полезность озвучивания наименования горной выработки, где ожидается выдача следующей навигационной команды.

### ЗАДАЧИ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ НАВИГАЦИИ

**Следует отметить следующие перспективы развития предложенной технологии:**

- реализация перестройки маршрута по запросу (нажатие кнопки управления на УО);
- интеграция ПК «Вентиляция 2» с системой аэрогазового контроля из состава системы «Умная Шахта» (Granch МИС), а также с данными технологии сканирующего газового контроля («SBGPS»);
- реализация прогнозирования задымления;
- решение вопросов об ответственности за принятый способ эвакуации в случае несовпадения маршрута, построенного на основе результатов прогнозирования задымления по реальным данным, расчетным позициям ПЛА.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на необходимость совершенствования технологии подземной навигации в кризисных ситуациях, можно уже на данном этапе утверждать, что необходимой ба-

Рис. 3. Устройство оповещения SBGPS Light-4



зой для ее реализации является технология точного подземного позиционирования и остающаяся работоспособной при аварии инфраструктура сети передачи данных. На сегодняшний день оптимальным решением является развертывание технологии подземной навигации на базе системы «Умная Шахта» и ПК «Вентиляция 2», которые активно эксплуатируются на угольных шахтах России, и не имеют полнофункциональных аналогов в мире.

### Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. 198 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах» Серия 05. Выпуск 50. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017. 116 с.
3. 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. С. 93-98.
4. Моделирование аэрогазодинамических процессов в вентиляционных сетях современных горнодобывающих предприятий / Д.Ю. Палеев, В.В. Аксенов, О.Ю. Лукашов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 2 (7). С. 224-230.
5. Костеренко В.Н., Тимченко А.Н. Пятые соревнования вспомогательных команд на подземных горных работах предприятий АО «СУЭК» // Уголь. 2018. № 8. С.76-79. DOI: [10.18796/0041-5790-2018-8-76-79](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2018-8-76-79). URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082018.pdf> (дата обращения 15.03.2020).

Original Paper

UDC 622.867.004.6:65.011.56 © T.V. Nasibullina, O.Yu. Lukashov, 2020  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2020, № 4, pp. 00-00  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2020-4-00-00>

**Title**  
**UNDERGROUND MINE NAVIGATION SOLUTIONS FOR EMERGENCY**

**Authors**  
Nasibullina T.V.<sup>1</sup>, Lukashov O.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> RPC "Granch", LLC, Novosibirsk, 630015, Russian Federation

<sup>2</sup> "Shakhtekspert-sistemy" LLC., Kemerovo, 650065, Russian Federation

SAFETY

**Authors' Information**

**Nasibullina T.V.**, Head of Scientific and Technical Department,

e-mail: goffart@granch.ru

**Lukashov O.Yu.**, Director, e-mail: mail@minesoft.ru

**Abstract**

In an emergency case at a coal mine the Safety Rules foreseen a personnel evacuation according to the emergency response plan. The paper describes the complex of modern solutions proposed by "Granch" and "Shakhtekspert-sistemy" companies, which provides the possibility of mine personnel and rescuers operational management in crisis situations. The information about the technologies used and the results of their experimental verification at the stage of preparation for the mine rescuers competition are held.

**Keywords**

Coal mine, Underground navigation, Men removing, Positioning, Emergency response plan.

**References**

1. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Coal Mine Safety Regulations"]. Series 05. Issue 40. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2019, 198 p. (In Russ.).
2. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Instrukciya po sostavleniyu planov likvidacii avariyn na ugolnykh shahtah" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Instructions for drawing up plans for the elimination of accidents at coal mines"]. Series 05. Issue 50. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2017, 116 p. (In Russ.).

3. Novikov A.V., Panevnikov K.V. & Pisarev I.V. Mnogofunkcionalnaya sistema bezopasnosti ugolnykh shaht – praktika primeneniya sistem opredeleniya mestopolozheniya i opoveshcheniya personala [Multifunctional safety system for coal mines – the practice of using location detection and personnel notification systems]. *Gornaya promyshlennost' – Mining industry*, 2018, No. 2, pp. 93-98. (In Russ.).

4. Paleev D.Yu., Aksenov V.V., Lukashov O.Yu., et al. Modelirovanie aerogazodinamicheskikh processov v ventilyacionnykh setyah sovremennykh gornodobyvayushchih predpriyatiy [Modeling of aerogasodynamic processes in ventilation networks of modern mining enterprises]. *Gornyye Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2015, No. 2 (7), pp. 224-230. (In Russ.).

5. Kosterenko V.N. & Timchenko A.N. Pyatye sorevnovaniya vspomogatelnykh komand na podzemnykh gornykh rabotah predpriyatiy AO "SUEK" [The 5-th competitions of auxiliary teams on underground mining of the SUEK enterprises]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 8, pp. 76-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-8-76-79. (In Russ.). Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082018.pdf> (accessed 15.03.2020).

**For citation**

Nasibullina T.V. & Lukashov O.Yu. Underground mine navigation solutions for emergency. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2020, No. 4, pp. 00-00. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-00-00.

**Paper info**

Received March 12, 2020

Reviewed March 23, 2020

Accepted March 23, 2020