

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Текст:  
В.С. Ваганов,  
к.ф.-м.н., научный  
консультант.

Наличие функции определения местонахождения персонала зафиксировано в большинстве регламентирующих документов, ведущих стран-производителей угля, а её необходимость стала обязательной после расследований по результатам реальных аварий.



Итак, немного о терминах и языковых различиях. Поскольку русский язык, кроме информации, передает и значительную эмоциональную окраску, мне кажется, что в документах для одушевленных объектов следует употреблять термин «определение местонахождения», а не «местоположения» больше пригодного для оборудования, механизмов и пр. Иностранные слова, например, «позиционирование» (positioning); «навигация» (navigation); «локация» (location), не несут такой окраски и могут быть использованы как угодно. В общем, таких правил следует придерживаться во всех технических документах, связанных с безопасностью.

Теперь о научных смыслах терминов. Термин «определение местонахождения объекта» по сути есть «определение расстояния до объекта» или более неопределенно «области нахождения объекта». При этом, при «определении расстояния до...» предполагается наличие исходной точки с известными абсолютными или относительными координатами относительно которой и определяется расстояние. Определение «области нахождения объекта» предполагает наличие «карты областей» и «критерия нахождения объекта» в той или иной области. В конечном итоге, этот «критерий» тоже носит геометрический характер. Таким образом, функция МФСБ «определение местонахождения», в конечном итоге сводится к определению расстояния от объекта до точек с заранее известными координатами в шахте. Эти точки у специалистов называются якорными (от англ. anchor).

Для определения расстояния используются разные технологии. Вме-

нов и понятий, связанных с выполнением этих требований поможет в решении вопросов обеспечения реальной безопасности.

Поводом для написания этой статьи стал опыт работ автора по экспертной оценке различных технических решений при построении различных МФСБ для угольных шахт. Разнообразие используемых терминов, их толкование и техническое содержание часто вводят в заблуждение руководителей и специалистов угольных предприятий и контролирующих органов. Числовые значения показателей, которые приводятся в коммерческих предложениях и презентациях МФСБ различных производителей требуют единой методики проверки для корректной оценки и сравнения. Нередко, значения этих показателей опровергают общие научные законы, а попытки разъяснения их невозможности объясняются корпоративными интересами.

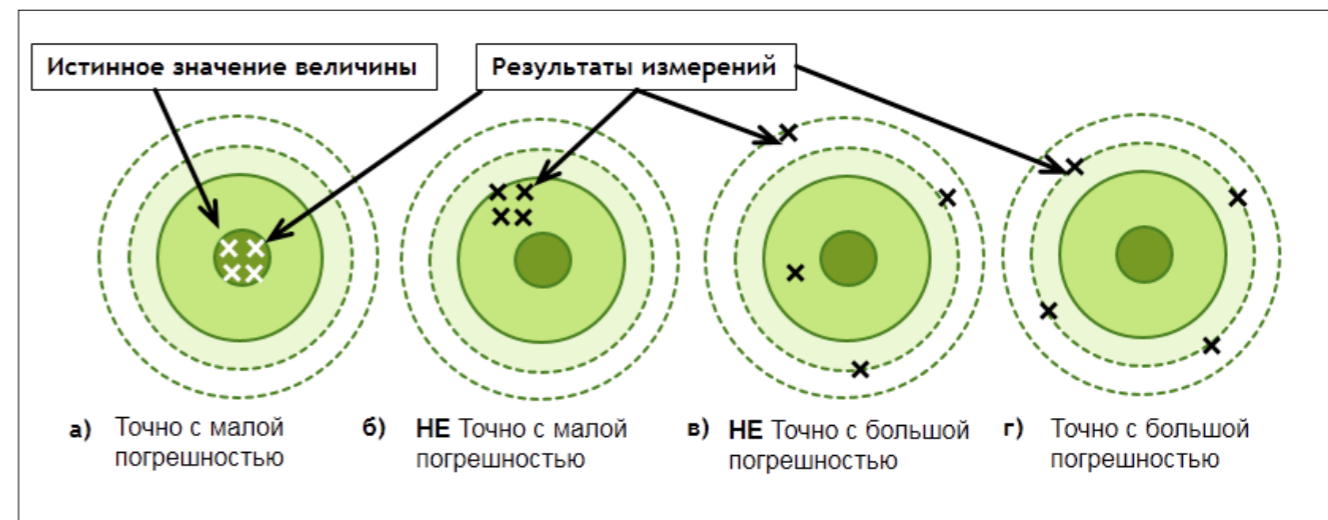


Рисунок 1. Иллюстрация терминов «точность», «погрешность». МФСБ угольных шахт.

сте с традиционными, с помощью линейки, применяются бесконтактные на основе радиолокации, ультразвука и лазерных дальномеров. Как найти лучший, наиболее точный и удобный метод? Нужно оценить и сравнить точность методов, и здесь придется разобраться в наборе терминов, толкование и взаимосвязь которых неоднозначна. Вот, например, одно определение термина: «точность средства измерений» (англ. accuracy) - степень совпадения показаний измерительного прибора с истинным значением измеряемой величины. А как измерить истинное значение величины? При помощи эталона, в нашем случае прибора с максимальной точностью. Это метрологический термин определению точности. Чем меньше разница, тем ближе точность прибора к эталону.

А вот другое определение точности, точность результата измерений (англ. precision) - одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения. Погрешность измерения, в данном случае, является количественной характеристикой точности измерения. Подробно об этом можно почитать в [3], а мы, чтобы не утомлять читателя, проиллюстрируем все термины примером (Рисунок 1).

Случай а) на Рисунке 1 иллюстрирует наиболее понятный вариант, когда все измерения величины мало отличаются друг от друга и в среднем равны истинной величине. Случай б) иллюстрирует случай, когда все измерения величины мало отличаются друг от друга, но в среднем сильно отличаются от истинной величины. Случай в) показывает вариант, когда результаты измерений сильно отли-



Рисунок 2. Неопределенность нахождения расстояния в системе определения местонахождения МФСБ угольных шахт.

чаются друг от друга, и их средняя величина не соответствует истинной величине. В случае г) результаты измерений сильно отличаются друг от друга, но, тем не менее, средняя величина измерений соответствует истинной величине. В итоге, для того чтобы сравнивать количественные характеристики точности определения расстояния в различных системах можно пользоваться международным понятием, которое однозначно используется в физике и носит название «неопределенность измерения» (англ. uncertainty) (Рисунок 2).

Есть еще один термин, который используется в современных документах. Это разрешение (англ. resolution) - наименьшая различаемая величина измеренного значения. Как видно, термин разрешение прибора не относится к характеристикам точности

измерения, а скорее к единице измерения. Согласно этому определению, выражение «с разрешением  $\pm 20$  м» следует трактовать так: «расстояние нужно измерять в единицах 20 м». Таким образом, любая система, в которой измерение расстояний проводится при помощи линейки с промежутком между ближайшими делениями в 20 м будет соответствовать этому требованию.

Все вышесказанное необходимо для понимания основных критериев оценки важного параметра МФСБ угольного шахт – неопределенности геопозиционирования. Для чего это нужно? Дело в том, что шахты, разрезы, инфраструктурные объекты и пр. – это в геологическом смысле, протяженные объекты. Для таких объектов важно точное определение координат объектов для логистики, планирова-

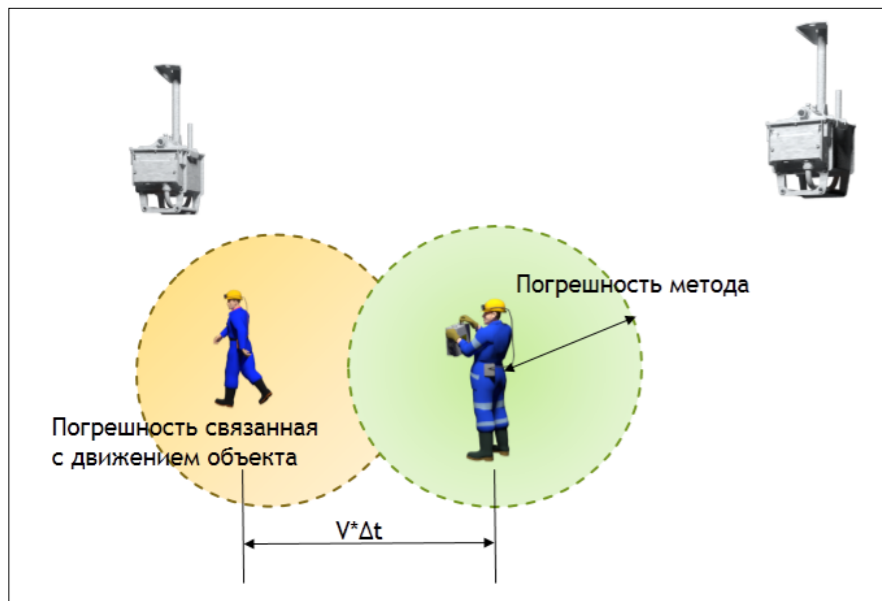


Рисунок 3 Статическая и динамическая неопределённости определения расстояния ЭМ-методом.

ния и оперативного управления. Система определения местонахождения МФСБ отвечает на вопрос «ГДЕ?» и чем точнее она это делает, тем меньше риски управления производством, точнее сроки и объемы планирования для современных SCADA-систем. Без геоинформационной системы (синоним «системы определения местонахождения») невозможно построение системы мониторинга окружающей среды, контроля аэрогазовой обстановки. Сейчас шахты используют в качестве основы геоинформационных систем данные маркшейдерской съемки, но они статичны и обновляются с некоторой периодичностью, а для определения текущей обстановки нужны оперативные изменения, отслеживаемые в автоматическом режиме. Если раньше шахты устраивала неопределённость позиционирования «с точностью до выработки», то теперь требуется большая «точность», и особенно это касается аварийных режимов работы. В отчетах ВГСЧ по устранению последствий аварий особо отмечаются системы безопасности, которые смогли выдать точные координаты пострадавших и тем самым в разы сократили время их поиска, а в конечном итоге снизили риск гибели самих спасателей от последствий вторых взрывов.

Для определения расстояния в современных МФСБ используют электромагнитные методы [4]. Если кратко, то на всех мобильных объектах (персонал, транспорт, оборудование) закрепляются радиометки (англ. tag). Якорными точками (англ. anchor), относительно которых происходит определение рас-

стояния, являются: базовые станции, узлы связи, считыватели меток и пр. Определение расстояния происходит бесконтактно при помощи электромагнитной волны, которую излучает и метка, и якорная точка. Даже если человек просто стоит на одном месте, результаты измерения расстояния постоянно меняются с течением времени из-за помех, изменяющихся условий окружения и особенностей метода измерения – это погрешность измерения метода. Если человек начинает двигаться, появляется ошибка, связанная с движением (Рисунок 3). Косвенно, она так же определяется производителем оборудования, и связана с частотой определения расстояния (англ. frequency locations). Чаще измеряем расстояние - ниже динамическая ошибка. Возможную величину ошибки можно оценить умножением средней скорости движения (3,6 км/ч или 1 м/с) на промежуток времени в течение, которого не проводилось измерений (30 с), получим 30 м, что сравнимо с регламентированной Ростехнадзором ошибкой метода (20 м). Именно поэтому в [4] предлагается регламентировать период обновления информации о местоположении персонала, который должен составлять не более 5 с.

Всё, что разбиралось в этой статье, имеет понятный практический смысл. При представлении своих МФСБ производители часто указывают ошибку метода определения, которая «укладывается в нормы», но экономят на весе «якорных точек» за счет резервного источника питания и спокойно снижают частоту излучения ЭМ-сигналов до одного раза 30-60 сек.

(Мощность излучения падает-батарея «живет» дольше). При этом, «неопределённость» определения расстояния увеличивается в разы, а у «производителя» появляется некое «конкурентное преимущество», связанное с весом «якорной точки» и «метки».

Еще один случай недобросовестного обмана покупателя, нарушение «сплошности радиопокрытия». Для работы ЭМ-метода позиционирования необходимо обеспечить равномерное радиопокрытие ЭМ-полем якорных точек всего рабочего пространства выработок. Распространение ЭМ-волн под землей затруднено, поэтому существуют оптимальные расстояния на которые может распространяться радиоволна определенной частоты. Добросовестные разработчики указывают «точнее метод – больше якорных точек». Но ведь «больше якорных точек – больше денег!» Поэтому появляются «фантастические» предложения по обеспечению требуемой точности при «меньшей» плотности якорных точек. При этом производители таких систем умышленно не раскрывают методы своих «достижений». В реальности, появляются «дыры» в радиопокрытии внутри которых нет ни связи, ни геолокации.

Для получения честных оценок при сравнении МФСБ различных производителей заинтересованному экспертному сообществу государственных органов, производителей МФСБ, научно-техническим организациям следует разработать единую методику определения показателей системы определения местонахождения и связанной с ней системой поиска под завалами.

#### Литература

1. S. 2803 (109th): Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006, May 16, 2006, Washington, 109-th Congress, 2005 – 2006.

2. Правила безопасности в угольных шахтах/ Федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности/ Серия 05. Выпуск 40. - М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем пром. безопасности», 2014. - 200 с.

3. Рекомендации по межгосударственной сертификации 29-2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

4. А.В. Новиков, К.В. Паневников, И.В. Лисарев Многофункциональная система безопасности угольных шахт - практика применения систем определения местоположения и оповещения персонала, Горная Промышленность №2 (138) / 2018, стр.34 ДП