

## Дефицит кислорода в закрытых помещениях (утечки гелия)

### Введение

В прошедшие пару месяцев возникли широкие дискуссии в сети и с озабоченными клиентами об отклике сенсора на кислород в атмосфере, содержащей некоторое количество гелия.

Обсуждение началось с государственной лаборатории США, где жидкий гелий используется для отвода тепла из процесса. Во время тестирования своих аварийных систем они выпустили большое количество гелия, который по их расчетам, должен был создать дефицит кислорода, но тревога по концентрации кислорода не сработала. Продолжив стандартную процедуру с использованием кислородно-азотной смеси, они убедились, что измерительное оборудование было «откалибровано». В ходе дальнейшего исследования удалось устранить потенциальные отклонения из-за скорости потока, «нелинейного» отклика, методики измерения

и проверить различные модели сенсоров различных производителей. Только после тщательного перемешивания смеси кислорода в гелии и кислорода в азоте они смогли обнаружить значительные изменения в отклике – при калибровке азотной смесью и последующей проверке гелиевой смесью показания кислорода составили 18 об. %, при правильном значении 15 об.%! Такой эффект был выявлен для большинства используемых в мире кислородных сенсоров, включая наш DrägerSensor O2 LS 6809630 и всех моделей сенсоров City Tech !

### Сегмент рынка

Университеты, вооруженные силы, лаборатории, институты, использующие синхротроны, ускорители на встречных пучках и ускорители со сверхпроводниковой технологией для исследования физики элементарных частиц;

Медицинские диагностические учреждения с ЯМР (спектроскопия ядерного магнитного резонанса), производство полупроводников, хранение и транспортировка криогенных жидкостей.

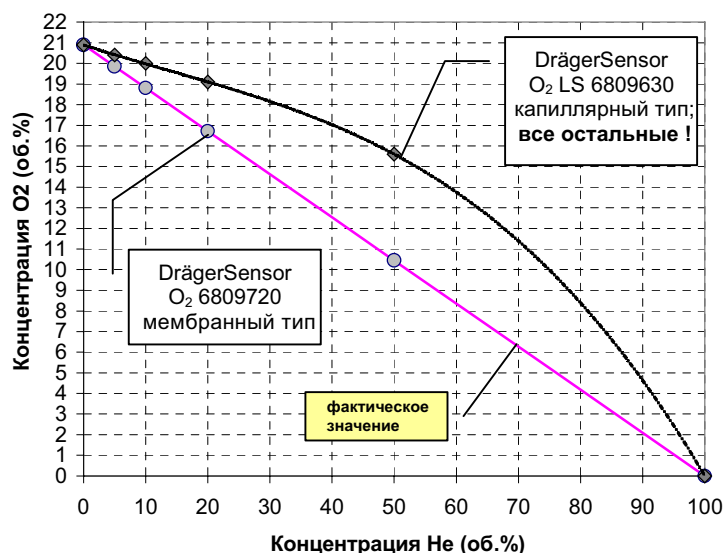


Рисунок: Показания сенсоров для различных гелий/кислородных смесей по сравнению с фактическим значением.

## Описание задачи

Чтобы сверхпроводящие катушки работали и генерировали высокое магнитное поле, требуются чрезвычайно низкие температуры. Для этого используются различные типы криогенных жидкостей. Криогенные жидкости – это сжиженные газы, которые хранятся в жидком состоянии при очень низких температурах. Примерами этой группы являются азот, гелий, неон, аргон и криптон. Эти инертные газы не вступают в химические реакции. Они не горят и не поддерживают горение. Жидкий гелий и азот – это газы, используемый для охлаждения магнитов до температур сверхпроводимости. Криогенные жидкости имеют точку кипения ниже  $-150^{\circ}\text{C}$ . Пары и газы, выделенные с криогенных жидкостей, также остаются очень холодными. Они часто конденсируют влагу в воздухе, создавая хорошо видимый туман.

При испарении криогенных жидкостей газ очень холодный, и в первое время обычно располагается около пола. Гелий и неон, которые легче воздуха, будут подниматься к потолку. Азот, аргон и криптон, которые тяжелее воздуха, будут оставаться у пола. Поначалу холодные газы не будут широко распространяться, и могут скапливаться у пола или потолка. Даже если газ не токсичен, он вытесняет воздух.

При испарении небольшого количества жидкости может образоваться очень большой объем газа. Например, при нагреве до комнатной температуры ( $21^{\circ}\text{C}$ ) один литр жидкого азота образует 695 литров газообразного азота.

Отсутствие цвета и запаха означает, что человек не сможет почувствовать присутствие газа, не используя устройство, предназначенное для этой цели.

При недостаточном количестве воздуха или кислорода может наступить удушье или смерть. Дефицит кислорода представляет серьезную опасность в закрытых или замкнутых пространствах. Воздух, которым вы дышите, содержит приблизительно 21% кислорода, 78% азота и 1% аргона. Если вы находитесь в ограниченном пространстве, где уровень кислорода упал до 17%, то объем вашего дыхания и частота сердцебиения возрастают. При 16% человек начинает чувствовать головокружение, и его реакции замедляются. Более низкие концентрации кислорода представляют собой еще более серьезную опасность для здоровья.

Сегодня в ассортименте нашей продукции имеются два типа сенсоров на кислород для использования с различными измерительными головками Polytron:

- капиллярного типа DrägerSensor O2-LS 6809630
- гальванический мембранного типа DrägerSensor O2 6809720.

Есть несколько веских причин для выбора конкретного вида сенсора, которые могут меняться от приложения к приложению.

Как вы возможно знаете, выходной сигнал кислородного сенсора определяется тем, как много молекул кислорода проходит через диффузионный барьер и вступает в реакцию. В сенсоре мембранного типа доля протифундировавшего через мембрану кислорода определяется давлением и парциальным давлением кислорода, окружающего мембрану. Другие газы, которые смешаны с кислородом, будь то воздух (азот) или, например, гелий, не оказывают заметного (или какого-либо) влияния на долю молекул кислорода, протифундировавших через мембрану.

В сенсоре капиллярного типа окружающий газ, попадающий на мембрану сенсора, должен сначала пройти через маленькие капилляры (трубки). Поэтому легкость прохождения газа через капилляры определяет количество молекул кислорода, достигнувших мембраны.

Поскольку атомы гелия имеют малые размеры, смеси кислород/гелий будут проходить через капилляры быстрее, чем смеси кислород/азот (воздух). Поэтому, 10% кислорода в гелии будет давать показание выше, чем 10% кислорода в азоте, и завышение составит до 20%. **Таким образом, возможна ситуация, когда сенсор указывает на безопасную концентрацию кислорода, тогда как в действительности ситуация может быть опасной!**

## Решение, предлагаемое Dräger

Когда следует использовать сенсор капиллярного типа 6809630?

Когда...

- В приложении требуется измерять объемное содержание кислорода,
- В приложении возможны быстрые или значительные изменения давления или парциального давления (частые изменения атмосферного давления, отбор пробы из герметичного трубопровода, и т.д.)
- В отличие от других гальванических (свинцовых) сенсоров, имеющих ограниченный предполагаемый срок службы один или два года, Dräger сенсор 6809630 не имеет никаких ограничений по сроку службы!

Когда следует использовать гальванический сенсор мембранного типа 6809720?

Когда...

- **В приложении присутствуют реальные или потенциальные концентрации гелия.**
- В приложении требуется измерение парциального давления кислорода.
- В процедурах инертизации будут контролироваться атмосферы, не содержащие кислород.
- Контролируются концентрации кислорода до 100 об. %.

Когда нельзя выбирать различные типы кислородных сенсоров или необходимо справиться с существующей ситуацией, возможны следующие решения:

- Используйте калибровочную смесь, которая повторяет ожидаемые атмосферные условия (в этом случае используйте кислород/гелиевый калибровочный газ).
- Применяйте поправочный коэффициент (в этом случае устанавливайте калибровочное значение 15%, когда калибруете 18% кислородно/азотной смесью).
- Отрегулируйте порог тревоги, чтобы обеспечить раннее предупреждение (это может быть невозможным для тревоги по дефициту кислорода, когда установка порога тревоги на 20,5% вместо 19,5% может оказаться неэффективной из-за гистерезиса реле)

Dräger успешно выполнил проверку с предшественником DrägerSensor O<sub>2</sub> 6809720 в DESY Accelerator Laboratory в Гамбурге, Германия.

В ограниченном пространстве жидкий гелий выпускался в воздух, и контролировалась результирующая концентрация кислорода. Для контроля концентрации гелия сравнивалась с показаниями детектора гелия на основе принципа теплопроводности. Измеренная концентрация O<sub>2</sub> отражала ожидаемые показания, вызванные замещением O<sub>2</sub>.

## Ограничения

DrägerSensor O<sub>2</sub>-LS 6809630 не должен использоваться в атмосфере с высокой концентрацией спирта и ненасыщенных углеводородов.

DrägerSensor O<sub>2</sub> 6809720 не должен использоваться при высокой концентрации диоксида углерода. Температура ограничена 40°C, кратковременно до 55°C (один раз в час).

## Приложение

[http://www.jlab.org/accel/ssg/papers\\_Pres/papers/heliumsense.pdf](http://www.jlab.org/accel/ssg/papers_Pres/papers/heliumsense.pdf)

<http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/cryogenic/cryogen1.html>

Составитель: Gero Sagasser