

Установка и монтаж датчиков

для производственных помещений
с газобаллонными автомобилями

В статье проведен анализ существующих нормативно-технических документов по определению порядка установки и особенностей монтажа автоматических стационарных газоанализаторов дозрывных концентраций. Предложена методика расчета минимального количества датчиков газоанализаторов (или мест отбора проб) для производственных помещений с газобаллонными автомобилями, использующими пропан-бутан, а также даны рекомендации по особенностям проведения монтажа датчиков.

Производственные помещения с автомобилями на газовом моторном топливе относятся к взрывоопасной категории «А» по взрывопожарной и пожарной опасности, согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Однако СНиП «Стоянки автомобилей» имеет ссылки на нормативные документы ОНТП 01-91 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта», ВСН 01-89 «Предприятия по обслуживанию автомобилей» и РД-3112199-98 «Требования пожарной безопасности для предприятий, эксплуатирующих автотранспортные средства на компримированном природном газе», которые допускают относить помещения с газобаллонными автомобилями к пожароопасной категории «В» при условии выполнения компенсирующих мероприятий, исключающих образование взрывоопасной смеси. Одним из основных мероприятий при этом является оборудование взрывопожароопасных помещений с автомобилями на газе газоанализаторами дозрывных концентраций. Однако данные нормативные документы не содержат указаний по определению необходимого количества датчиков газоанализаторов и особенностям их монтажа и эксплуатации. По этим вопросам ВСН 01-89 имеет ссылку на документ, используемый в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, — ТУ-газ-86 «Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов». Помимо ТУ-газ-86 требования к установке газоанализаторов содержатся в РД БТ 39-0147171-003 «Требования к установке датчиков стационарных газоанализаторов в производственных помещениях

и на наружных площадках предприятий нефтяной и газовой промышленности», который также является ведомственным документом министерств нефтяной и газовой промышленности. Некоторые положения данных документов представлены в табл. 1.

Из анализа требований, приведенных в табл. 1, можно заключить, что данные ведомственные документы написаны исходя из особенностей технологических процессов нефтегазовой промышленности, а также физических свойств газов. Процессы хранения и технического обслуживания газобаллонных автомобилей имеют свои особенности, которые данные документы не учитывают. Так, при проектировании производственных помещений с автомобилями на газе и оборудовании данных помещений системами анализа воздушной среды, специалисты могут использовать два положения нормативно-технических документов:

1. Оборудование указанных помещений датчиками дозрывных концентраций производить из расчета один датчик на 100 м² площади помещения.
2. Высота расположения датчиков не должна превышать 0,5 м над уровнем пола.

Однако, применительно к производственным помещениям с автомобилями на газе, эти положения желательно подтвердить экспериментально и обосновать расчетами.

С этой целью предлагается методика для расчета минимального количества датчиков газоанализаторов дозрывных концентраций для производственных помещений с газобаллонными автомобилями на пропан-бутане. В основу методики положена модель Гаусса шлейфообраз-

ного истечения газа из точечного источника в окружающую среду (нормальный закон распределения). Основные положения, предлагаемой методики:

1. В производственных помещениях с газобаллонными автомобилями полная разгерметизация газовых баллонов и мгновенное поступление пропан-бутановой смеси в помещение маловероятны. Наиболее вероятный вариант аварии — утечка газа вертикально вниз с массовой скоростью, не превышающей 0,001 кг/с.
2. При поступлении пропан-бутановой смеси в процессе утечки из газового оборудования газобаллонных автомобилей, концентрации газа в объеме помещения распределяются по нормальному закону распределения, использованному Гауссом в модели шлейфообразного истечения газа из точечного источника в окружающую среду.
3. В производственных помещениях с газобаллонными автомобилями необходимо фиксировать концентрации пропан-бутана при поступлении его в количестве, превышающем 20 % от массы газа, при взрыве которой в данном помещении образуется расчетное избыточное давление $\Delta P = 5 \text{ кПа}$ (по НПБ 105-03).
4. Необходимо фиксировать концентрации пропан-бутана в объеме помещения при концентрации 0,4 % объемных и выше.

Данные положения основаны на том, что предлагается фиксировать и реагировать на поступление пропан-бутана, масса которого превысит определенное количество газа, равное 10 % от массы газа, при взрыве которого в объеме данного помещения образуется критическое

давление, равное $\Delta P=5$ кПа. Десятикратного запаса, который создается при таком подходе, вполне достаточно, чтобы исключить образование взрывоопасной смеси пропан-бутана с воздухом путем включения аварийной вентиляции. При таком подходе остается вероятность образования локальных взрывоопасных объемов пропан-бутана с воздухом вблизи источников поступления газа, но количество газа, сосредоточенное в них, не представляет опасности для помещения.

Для изучения процесса распределения пропан-бутана в объеме закрытого помещения были проведены экспериментальные исследования концентраций пропан-бутана в помещении объемом 44 м^3 при подаче газа вертикально вверх и вниз с высоты $0,04 \text{ м}$, при разных температуре и влажности воздуха с массовой скоростью подачи газа $0,001 \text{ кг/с}$. В результате анализа полученных дан-

ных были получены уточненные выражения для расчета концентраций пропан-бутана при его поступлении в закрытые помещения. За основу было взято выражение для определения концентраций при условии направления потока газа вниз, так как этот вариант аварии является наиболее неблагоприятным. При этом варианте утечки пропан-бутана, он будет «стелиться» по поверхности пола, вытесняя воздух. При таких условиях даже незначительная масса пропан-бутана может привести к образованию взрывоопасного объема.

Из анализа полученных выражений следует, что одинаковая масса пропан-бутана в помещениях большего объема распределяется в большем объеме и наоборот. Соответственно, какое-то выбранное значение концентрации (в нашей методике предлагается значение $0,4 \text{ \% об.}$) в помещениях большего объема будет находиться на большем рас-

стоянии от места утечки газа и наоборот, при условии одинаковой массы газа. Это означает, что радиус действия датчиков газоанализаторов не должен быть постоянным, а должен зависеть от объема помещения, что не учитывают действующие нормативно-технические документы. Зависимость радиуса действия датчиков от объема помещения, рассчитанная по полученному выражению, представлена на рис. 1.

Анализ плана постройки гаражей-стоянок за 2000–2005 годы, разработанного правительством Москвы, показывает, что около 80 \% , построенных за последние 5 лет в Москве автостоянок составляют многоуровневые автостоянки на $100\text{--}300$ машиномест. Это автостоянки с относительно небольшим свободным объемом этажа. Количество автостоянок с объемом этажа более 3500 м^3 незначительно. Поэтому предлагается радиус действия датчиков газоанализа-

Табл. 1. Некоторые положения ТУ-газ-86 и РД БТ 39-0147171-003, касающиеся установки в помещениях датчиков дозрывных концентраций

Порядок установки и особенности монтажа газоанализаторов дозрывных концентраций	ТУ-газ-86	РД БТ 39-0147171-003
Порядок определения необходимого количества датчиков газоанализаторов	<ol style="list-style-type: none"> «...в местах наиболее возможного выделения и скопления газов и паров...». В компрессорных — один датчик у каждого компрессорного агрегата. В помещениях насосных сжиженных углеводородных газов — один датчик на насос или группу насосов. В складских помещениях при хранении в них горючих газов — одно пробоотборное устройство на 100 м^2, но не менее 1 датчика на помещение. 	<ol style="list-style-type: none"> В помещениях, в которые возможно проникновение взрывоопасных газов извне, а также при хранении в них легковоспламеняющихся жидкостей и горючих газов, следует устанавливать один датчик на каждые 100 м^2, но не менее одного датчика на помещение. В компрессорных и насосных — один датчик у каждого перекачивающего агрегата. При групповом размещении агрегатов — один датчик на 100 м^2.
Порядок размещения датчиков газоанализаторов по помещению	<ol style="list-style-type: none"> Размещать датчики следует «...в зависимости от их плотности, количества, а также конструктивных особенностей оборудования...». В компрессорных — «...в районе наиболее вероятных источников утечек перекачиваемой среды (сальники, уплотнители и т.п.) на расстоянии не более 1 м (по горизонтали) от них». Пробоотборные устройства следует размещать по высоте помещений в соответствии с плотностью паров: <ul style="list-style-type: none"> при выделении легких газов с плотностью по воздуху менее 1 — над источником; при выделении газов с плотностью по воздуху от 1 до $1,5$ — на высоте источника или ниже него; при выделении газов с плотностью по воздуху более $1,5$ — не более $0,5 \text{ м}$ над полом. 	<ol style="list-style-type: none"> Размещать датчики в помещениях следует в соответствии с плотностями газов и паров, с учетом поправки на температуру воздуха: <ul style="list-style-type: none"> над источником (при выделении легких газов с плотностью по воздуху менее $0,8$); на высоте источника или ниже него (при выделении газов с плотностью по воздуху от $0,8$ до $1,5$); не более $0,5 \text{ м}$ над полом (при выделении газов и паров с плотностью по воздуху более $1,5$). В компрессорных и насосных датчики устанавливать «...в местах наиболее вероятных источников выделения взрывоопасных газов и паров, но не далее 3 м от источника (по горизонтали)».

торов до объема помещения 3500 м³ включительно определять по рис. 1. Больше этого объема принимать равным как для объема 3500 м³ — 20 м.

По предлагаемой методике площадь, на которую распространится определенная масса пропан-бутановой смеси, будет зависеть от места возникновения утечки газа (рис. 2).

Соответственно, и площадь, которую может контролировать датчик газоанализатора, будет разной. Поэтому для определения площади, защищаемой одним датчиком, предлагается принять вариант в (рис. 2), так как он имеет наименьшую площадь. Тогда площадь, защищаемая одним датчиком, будет определяться выражением:

$$S_{\text{защ.д.}} = 0,5 \cdot \pi \cdot X_{0,4}^2, \text{ м}^2 \quad (1)$$

где $X_{0,4}$ — радиус действия датчика, определяемый по рис. 1.

Минимальное количество датчиков для помещений с газобаллонными автомобилями будет определяться выражением:

$$N_{\text{д.}} = \frac{L \cdot S}{S_{\text{защ.д.}}} \quad (2)$$

где L, S — длина и ширина помещения, м.

Количество датчиков в помещении должно быть не менее двух или одно приборотборное устройство.

Сравнить необходимое количество датчиков для помещений автостоянок различного объема, определенное по действующей и предлагаемой методике, можно по табл. 2.

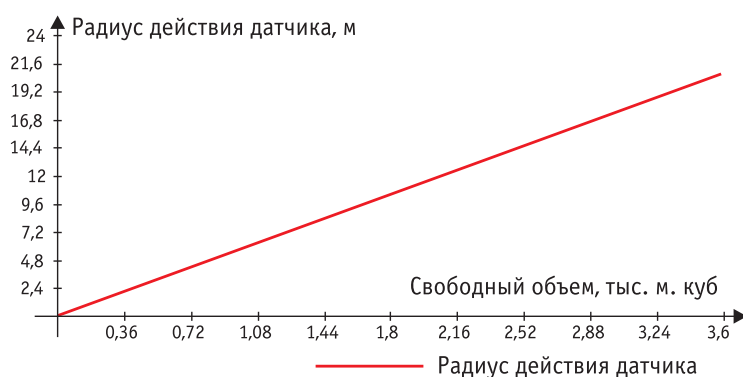


Рис. 1. Зависимость изменения радиуса действия датчика газоанализатора для определения концентрации пропан-бутана от свободного объема помещения

Анализ табл. 2 показывает, что разница в количестве датчиков, определенных по двум методикам, возрастает с увеличением объема помещения. Это связано с тем, что для помещений большего объема количество пропан-бутановой смеси, которая будет представлять опасность (по условию, 10 % от массы газа, при взрыве которого $\Delta P=5$ кПа), будет значительно больше, чем для помещений меньшего объема. Соответственно, большее количество пропан-бутановой смеси займет большую площадь помещения. Причем характер данной зависимости следующий: при увеличении площади пола помещения в два раза, площадь, на которую распространится принятое по условию количество пропан-бутановой смеси, увеличится в четыре раза. Принятая в ТУ-газ-86 методика данное положение не учитывает. Применительно к пропан-бутановой смеси, положения этой методики означают, что датчики газоанализаторов

имеют радиус действия 5,6 м для помещений любого объема. В помещении объемом 2400 м³ такую площадь займет пропан-бутановая смесь, ограниченная концентрацией 0,4 % объемных, масса которой составит около 0,1 кг. Это составляет 1,5 % от массы газа, при взрыве которой $\Delta P=5$ кПа. То есть при таком подходе создается запас безопасности в 67 раз. Это нецелесообразно по экономическим причинам. Задача исключения образования взрывоопасной смеси пропан-бутана с воздухом в помещениях автостоянок будет выполнена, если датчики будут реагировать на массу пропан-бутановой смеси, равную 10 % от массы газа, при взрыве которой в данном помещении будет создано расчетное давление, равное $\Delta P=5$ кПа.

В помещении автостоянок с газобаллонными автомобилями на пропан-бутане датчики дозврывных концентраций следует размещать так, чтобы защищаемая ими площадь была максимальной. Поэтому от стен и углов их следует располагать на расстоянии меньшем радиуса действия датчика, так чтобы поля действия датчиков перекрывались между собой, не оставляя «свободного» пространства на полу помещения.

Высота расположения датчиков не должна превышать 0,1 м от уровня пола. Это обусловлено тем, что, согласно экспериментальным данным, концентрации пропан-бутановой смеси на уровне пола могут быть в 6 и более раз выше концентраций на высоте 0,3 м.

До настоящего времени для контроля за загазованностью производственных помещений наибольшее распространение имеют термохимические газоанализаторы с принудительной подачей ана-

Табл. 2. Требуемое количество датчиков газоанализаторов для защиты помещений разного объема с возможным поступлением пропан-бутановой смеси

Размер этажа автостоянки по чертежу, м	Требуемое количество датчиков по ТУ-газ-86	Требуемое количество датчиков по предлагаемой методике
10×50×3	5	4
20×40×3	8	3
30×30×3	9	3
36×66×3	24	3

лизируемой среды по газоподводящим линиям. Такие системы газового анализа имеют ряд недостатков. В частности, размещение пробоотборных воронок в помещениях автостоянок представляет значительные трудности, а также необходимость наличия линии сжатого воздуха с давлением 0,25–0,60 МПа. На рынке систем контроля воздуха имеется большое количество многоканальных стационарных газоанализаторов отечественного и импортного производства, которые оснащены термокаталитическими конвективно-диффузионными датчиками. Погрешность измерения данных газоанализаторов, как правило, составляет 5–10 %, они просты и надежны в эксплуатации. Примеры указанных газоанализаторов: газоаналитическая система СКВА-01 с датчиками ГР 1.0, стационарная система МХ 32 с датчиками ОЛС 20/20D, газоанализатор-сигнализатор ГАЗОТЕСТ-3001/3003, сигнализатор термохимический «Щит-2» и другие. В производственных помещениях с газобаллонными автомобилями целесообразно использовать такие системы.

В производственных помещениях с газобаллонными автомобилями места размещения датчиков могут находиться

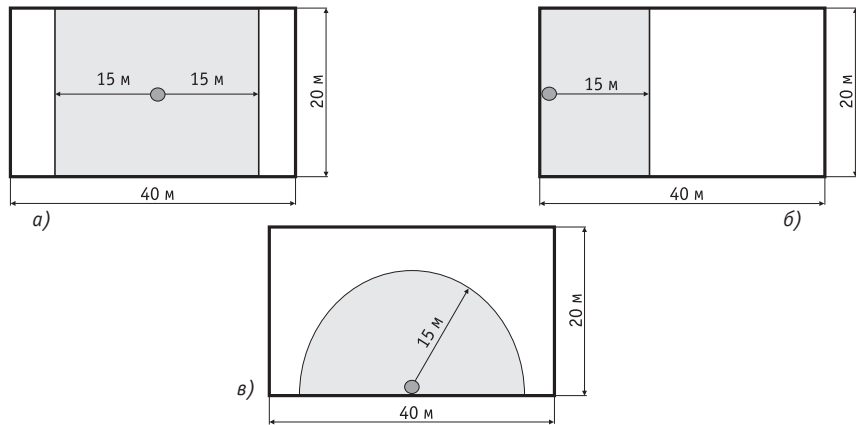


Рис. 2. Площадь, на которую распространится 0,1 кг пропан-бутановой смеси в помещении размером 20×40×3 м, ограниченная концентрацией 0,4 % объемных при одинаковой массе газа, но разных местах утечки газа: а) в центре помещения, б) у середины меньшей стены, в) у середины большей стены

в непосредственной близости от путей движения автотранспорта, а также могут подвергаться воздействию струй воды в процессе уборки помещений. Поэтому для размещения в этих помещениях на высоте до 0,1 м от уровня пола термокаталитических датчиков газоанализаторов необходимо предусмотреть меры, которые защитят датчики от повреждения в случае наезда автотранспорта, а также от попадания воды на чувствительный элемент датчика. Для этой цели предлагается использовать специальный

корпус для размещения в нем термокаталитического датчика. Схема корпуса представлена на рис. 3.

Выводы:

1. Существующая методика оснащения производственных помещений датчиками дозрывных концентраций не учитывает особенности технологического процесса и физико-химические свойства пропан-бутановой смеси.
2. Рекомендуется минимальное количество датчиков газоанализаторов для объектов хранения, технического обслуживания и технического ремонта газобаллонных автомобилей на пропан-бутане проводить по методике:
 - по рис. 1 определить радиус действия датчика газоанализатора (при свободном объеме помещения 3500 м³ и больше принимать радиус, равный 20 м);
 - по выражению (1) определить площадь, защищаемую одним датчиком;
 - по выражению (2) определить минимальное количество датчиков в помещении (но не менее двух).
3. Производственные помещения с газобаллонными автомобилями рекомендуется оснащать термокаталитическими датчиками дозрывных концентраций, которые следует размещать на высоте до 0,1 м от уровня пола, с использованием специального корпуса, защищающего датчики от повреждения при наезде автотранспорта и от воздействия воды.

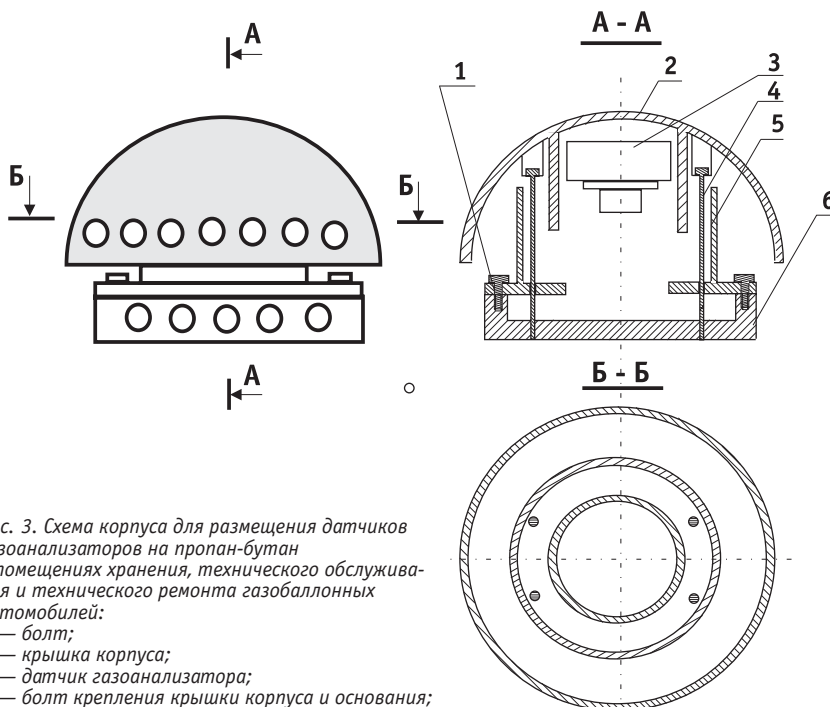


Рис. 3. Схема корпуса для размещения датчиков газоанализаторов на пропан-бутан в помещениях хранения, технического обслуживания и технического ремонта газобаллонных автомобилей:
1 — болт;
2 — крышка корпуса;
3 — датчик газоанализатора;
4 — болт крепления крышки корпуса и основания;
5 — отсоединяемая часть основания;
6 — основание корпуса.

Глеб ВАСЮКОВ,
адъюнкт Академии ГПС МЧС России