

# Физико-химические свойства пропан-бутановой смеси

Екатерина ФЕДЬКИНА

**В**се виды топлива имеют различную теплотворную способность, по-разному воздействуют на организм человека и соприкасающиеся материалы. Они могут являться и добавками к нефтяному моторному топливу. Преимущественное применение в качестве топлива, например, на автомобильном транспорте сжиженного нефтяного газа (ГСН) и сжатого природного газа (ГСП) обусловлено тем, что они имеют физико-химические свойства, близкие к бензину. Это, в свою очередь, требует незначительного изменения конструкции двигателя.

Углеводороды, входящие в состав ГСН, при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии, но даже при незначительном увеличении давления меняют свое агрегатное состояние и превращаются в жидкость. Хранится ГСН в баллонах-резервуарах в жидком состоянии.

Существует две марки ГСН: ПА — пропан автомобильный и ПБА — пропан-бутан автомобильный (табл. 1, 2).

Марка газа ПБА допускается к применению во всех климатических районах при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C. Марка ПА используется в зимний период в тех климатических районах, где температура воздуха опускается ниже -20°C. В весенний период времени с целью полной выработки запасов сжиженного газа марки ПА допускается ее применение при температуре до +10°C. Более высокая температура может привести к нежелательному повышению давления в газоподводящей системе и ее разгерметизации.

## Давление в баллоне

В закрытом сосуде ГСН образует двухфазную систему, состоящую из жидкой и паровой фаз. Давление в баллоне зависит от давления насыщенных паров, которое, в свою очередь, зависит от температуры жидкой фазы и процентного соотношения пропана и бутана в ней (рис. 1).

Давлением насыщенных паров называют давление паров в закрытом объеме в присутствии жидкой фазы. Давление насыщенных паров характеризует испаряемость ГСН. Испаряемость пропана выше, чем бутана, по-

**Альтернативные заменители бензина могут быть естественного или искусственного происхождения. При нормальных условиях они могут находиться в жидком (метанол, этанол) или газообразном (метан, пропан, бутан, канализационный, коксовый, доменный и генераторный газы, водород) состояниях.**

этому и давление при отрицательных температурах у него значительно выше. Расчетами и экспериментами установлено:

**Таблица 1. Физико-химические показатели сжиженного газа**

Показатель	Марка ГСН	
	ПА	ПБА
<b>Массовая доля компонентов, %:</b>		
метан и этан	не нормируется	
пропан	90+10	50+10
углеводороды C <sub>3</sub> и выше	не нормируется	
непредельные углеводороды, (не более)	6	6
Объем жидкого остатка при +40°C, %	Отсутствует	
<b>Давление насыщенных паров, МПа:</b>		
При +45°C, не более	—	1,6
При -20°C, не менее	—	0,07
При -35°C, не менее	0,07	—
Массовая доля серы и сернистых соединений, %, не более	0,01	0,01
В т. ч. сероводорода, %, не более	0,003	0,003
Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствует	

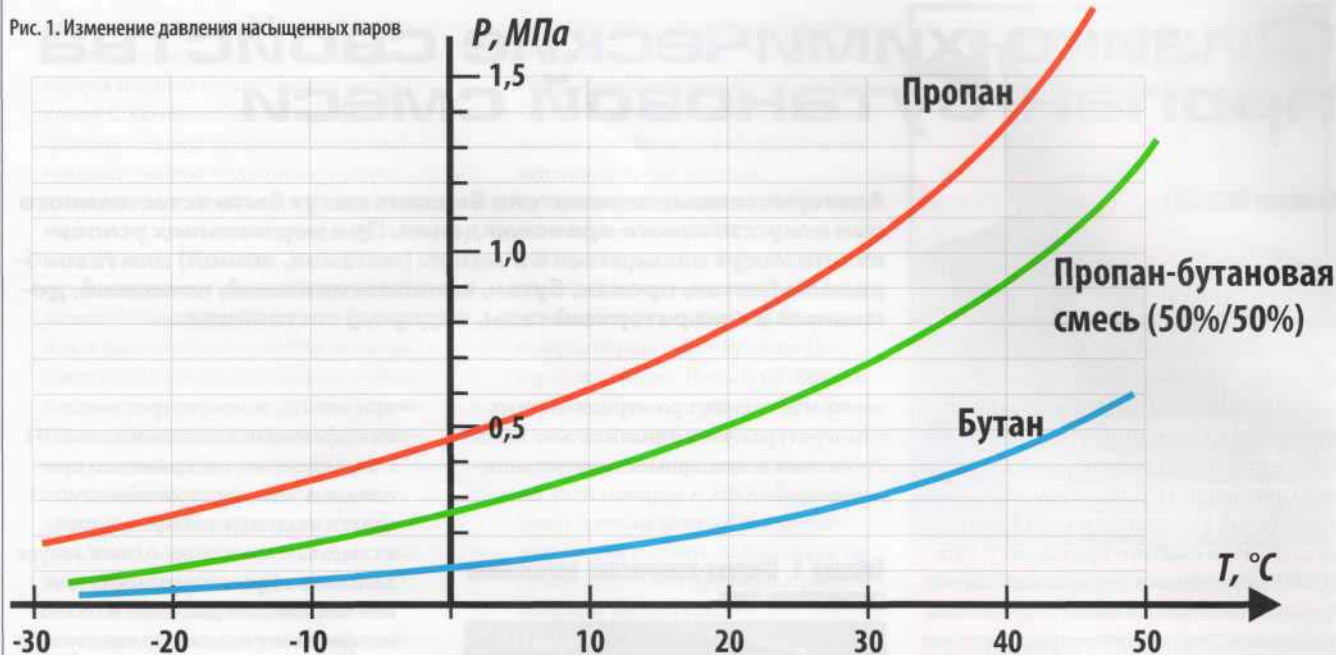
- при низких температурах воздуха эффективнее использовать ГСН с повышенным содержанием пропана, так как при этом обеспечивается надежное испарение газа, а следовательно, и холодный запуск двигателя. Кроме того, достаточное избыточное давление в баллоне обеспечит надежную подачу газа в двигатель (ГСН марки ПА);
- при высоких положительных температурах воздуха эффективнее использовать ГСН с меньшим содержанием пропана, так как при этом в баллоне и трубопроводах будет создаваться значительное избыточное давление, что может повлиять на герметичность газовой системы (ГСН марки ПБА).

Кроме пропана и бутана, в состав ГСН входит незначительное количество метана, этана и других углеводородов, которые могут изменять свойства ГСН. В процессе работы может образовываться неиспаряемый конденсат, который отрицательно сказывается на работе газовой аппаратуры. Этан обладает повышенным, по сравнению

**Таблица 2. Физико-химические свойства составляющих сжиженного газа и бензина**

Показатель	Пропан	Бутан норм.	Бензин
Молекулярная масса	44,10	58,12	114,20
Плотность жидкой фазы, кг/м <sup>3</sup> , при температуре кипения и давлении 760 мм. рт. ст.	510	580	720
<b>Плотность газовой фазы, кг/м<sup>3</sup>:</b>			
при нормальных условиях	2,019	2,703	—
при температуре 15°C	1,9	2,55	—
Теплота испарения, кДж/кг	484,5	395,0	397,5
<b>Теплота сгорания низшая:</b>			
в жидком состоянии, кДж/л	65 608	26 417,6	62 696
в газообразном состоянии, кДж/кг	45 852,6	45 431	48 680
в газообразном состоянии, кДж/м <sup>3</sup>	85 627,3	111 593,5	213 180
<b>Октановое число</b>	120	93	72–98
Пределы воспламеняемости в смеси с воздухом при нормальных условиях, %	2,1–9,5	1,5–8,5	1,0–6,0
Температура самовоспламенения, °C	466	405	255–370
Теоретически необходимое для сгорания 1 м <sup>3</sup> газа количество воздуха, м <sup>3</sup>	23,80	30,94	14,70
Коэффициент объемного расширения жидкой фракции, % на 1°C	0,003	0,002	—
Точка кипения при давлении 101,4 кПа, °C	-42,1	-0,5	27

Рис. 1. Изменение давления насыщенных паров



с пропаном, давлением насыщенных паров, что оказывает положительное влияние на поддержание давления в баллоне при низких температурах и может оказать отрицательное влияние при плюсовых температурах.

утечка ГСН может быть очень опасной, так как объем газа при испарении увеличивается в 250 раз. Плотность газовой фазы в 1,5–2,0 раза больше плотности воздуха. Этим объясняется то, что при утечках газ с трудом рассеива-

ет. Порог чувствительности запаха — 0,00019 мг/л, предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны — 1 мг/м<sup>3</sup>. Во время эксплуатации одорант может накапливаться в топливоподающей аппаратуре, выпускных трактах, на открытых поверхностях деталей.

Выделение одоранта может происходить даже при полностью герметичной газовой системе питания, сливе конденсата из редуктора и, главным образом, с отработавшими газами.

Сернистые соединения одоранта и самого газа снижают долговечность работы редукторов вследствие интенсивного старения мембран, резиновых уплотнений, вызывают коррозию трубопроводов.

Запах одоранта особенно сильно ощущается при повышенной токсичности отработанных газов. В случае, когда их токсичность в норме или несколько ниже нормы, запах одоранта практически не ощущается.

## Пропан-бутан — смесь углеводородных газов пропана $C_3H_8$ (до 30%) и бутана $C_4H_{10}$ (до 70%), кроме того, присутствуют в небольших количествах некоторые другие газы

### Изменение объема жидкой фазы при нагревании

Правилами № 67 Европейской Экономической Комиссии предусмотрена установка автоматического устройства, ограничивающего наполнение баллона до 85% его емкости. Данное требование объясняется большим коэффициентом объемного расширения жидкой фазы, который для пропана составляет 0,003, а для бутана — 0,002 на 1°С повышения температуры газа. Для сравнения: коэффициент объемного расширения пропана в 15 раз, а бутана — в 10 раз больше, чем у воды.

### Изменение объема газа при испарении

При испарении 1 л сжиженного газа образуется около 250 л газообразного. Таким образом, даже незначительная

утечка ГСН может быть очень опасной, так как объем газа при испарении увеличивается в 250 раз. Плотность газовой фазы в 1,5–2,0 раза больше плотности воздуха. Этим объясняется то, что при утечках газ с трудом рассеива-

### Одорация ГСН

Одорация газа применяется для определения возможных его утечек органами обоняния человека. При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001% ГСН должны быть одорированы. Для одорации применяется этилмеркаптан ( $C_2H_5SH$ ), представляющий собой неприятно пахнущую жидкость плотностью 0,839 кг/л и с точкой

Победитель кубка «Ford's LPG Challenge» на автомобиле Ford Fairmont с двигателем, работающим на пропан-бутане, проехал почти 14 тыс. км вокруг Австралии и затратил на топливо меньше \$1000 (путешествие на обычном автомобиле с бензиновым двигателем обошлось бы как минимум на 40% дороже)

