

Допустимое топливо	Теплотворная способность газа, МДж/м ³		Содержание основных компонентов в топливе, %																
			Метан (СН ₄)		Этан (С ₂ Н ₆)		Пропан (С ₃ Н ₈)		Бутан (С ₄ Н ₁₀)		Пентан, Гексан		Азот (N ₂)		Углекислый газ (CO ₂)		Сероводород (ppm)		
			Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин
Низкокалорийный газ	12.1	32.1	24	75	0.3	14	0.2	7.0	0.3	6.0	0.0			0.5	64	0.3	58	0	400
Натуральный газ	30.7	47.5	75	100	0.1	13	0.0	10	0.0	10	0.0			0.1	35	0.0	10	0	5
Высококалорийный газ	46.6	79.4	22	75	5.0	18	10	43	6.0	15	0.0			0.0	8.0	0.0	4.0	0	5
Сжиженный углеводородный газ ¹	93.7	110					40	99	0.0	60	0.0							0	5
Низкокалорийный высокосернистый нефтяной газ	12.1	32.1	24	75	0.3	14	0.2	7.0	0.3	6.0	0.0		Прим	0.5	64	0.3	58	400	3.5
Высокосернистый нефтяной газ	30.7	47.5	75	100	0.1	13	0.0	10	0.0	10	0.0			0.1	35	0.0	10	5	7
Высококалорийный высокосернистый нефтяной газ	46.6	79.4	22	75	5.0	18	10	43	6.0	15	0.0			0.0	8.0	0.0	4.0	5	7

Примечание:

1. Топливо, поступающее из бака, должно браться жидким со дна бака, затем испаряться в системе подачи топлива, одобренной Capstone Engineering. Необходима гарантия того, что топливо в топливную систему микротурбины подается в виде пара. Повышенное содержание бутана приводит к тому, что повышается температура точки росы. Должны быть приняты меры, чтобы топливная система работала при температуре, по крайней мере на 10°C выше точки росы для предотвращения конденсации жидких углеводородов, которая может вызвать повреждение турбины. См. рис. 1 графиков точки росы LPG. Газ, подаваемый в турбину может содержать концентрации пентана и гептана, но жидкость находящаяся внутри, должна быть удалена перед тем как попасть в топливную систему турбины.

Допустимое содержание примесей в топливном газе.

Загрязнитель	Единицы	Мин	Макс	Метод тестирования	Примечания
Масло	Ррт по массе	0	2	-----	Прим. 2
Твердые частицы	микрон	0	10	-----	-----
Твердые частицы	Кол-во частиц < 10 микрон	0	20	-----	-----
Вода	%	0	0	ASTM D5454	-----
Фтор	Ррт по массе	0	Прим. 1	Прим. 1	-----
Хлор	Ррт по массе	0	1500	Прим. 1	-----
Натрий и Калий	Ррт по массе	0	0.51	ASTM D3605	-----
Ванадий	Ррт по массе	0	0.5	ASTM D3605	-----
Кальций	Ррт по массе	0	0.5	ASTM D3605	-----
Свинец	Ррт по массе	0	0.5	ASTM D3605	-----
Сера и сероводород	Прим. 1	0	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 3
Силоксан	Ррв по объему	0	5	Прим. 1	-----
Аммиак	Ррт по объему	0	Прим. 1	Прим. 1	-----
Другое	Ррт по массе	0	0.5	-----	Прим. 4

Примечания:

1. Проконсультироваться с разработчиками Capstone.
2. Масло может поступать из следующих мест: 1) Дожимной компрессор, 2) Другой источник.
3. Содержание серы в топливном газе может зависеть от экологических требований по выбросам.
4. Если другие загрязнители, содержащиеся в топливном газе, меньше 0.5 ррт по массе, они могут быть удалены.

Микротурбина	Низкокалорийный газ	Натуральный газ	Высококалорийный газ	Сжиженный углеводородный газ	Низкокалорийный высокосернистый нефтяной газ	Высокосернистый нефтяной газ	Высококалорийный высокосернистый нефтяной газ
C30 HP	-----	√	√ ²	√ ^{2,3}	-----	-----	-----
C30 LP	-----	√	-----	-----	-----	-----	-----
C30 SG	-----	√	√ ²	-----	-----	√	√ ²
C30 L/DG	√	Прим. 4	-----	-----	√	Прим. 4	-----
C60 HP	-----	√	√	√ ⁴	-----	-----	-----
C60 HP ICHP	-----	√	-----	-----	-----	-----	-----
C60 LP ¹	-----	√	-----	-----	-----	-----	-----
C60 LP ICHP ¹	-----	√	-----	-----	-----	-----	-----

Примечания:

1. Использовать вместе с дополнительным внешним дожимным компрессором.
2. Только в режиме 3-Pilot Lock Mode.
3. Топливо, поступающее из бака, должно браться жидким со дна бака, затем испаряться в системе подачи топлива, одобренной Capstone Engineering. Необходима гарантия того, что топливо в топливную систему микротурбины подается в виде пара. Повышенное содержание бутана приводит к тому, что повышается температура точки росы. Должны быть приняты меры, чтобы топливная система работала при температуре, по крайней мере на 10°C выше точки росы для предотвращения конденсации жидких

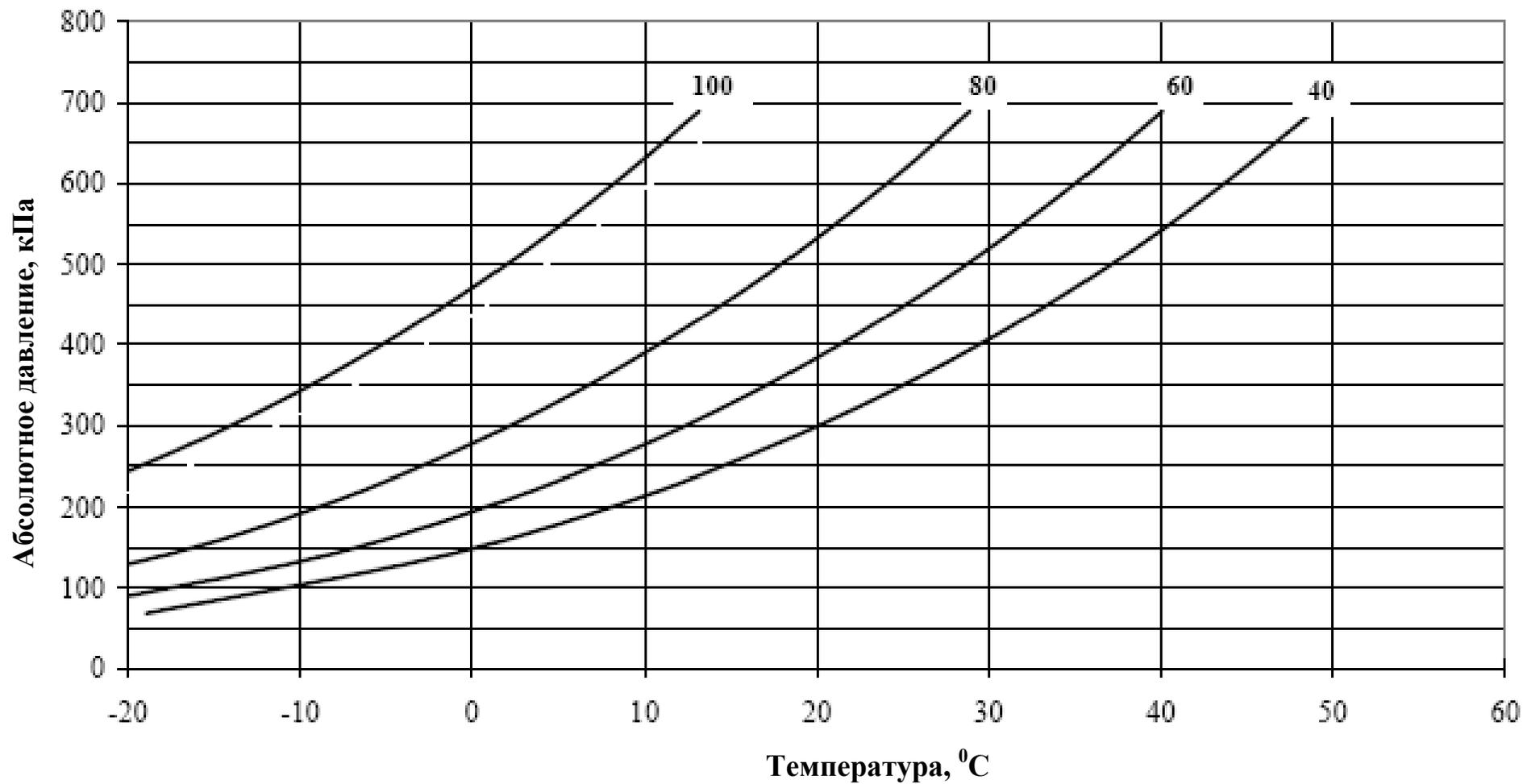
углеводородов, которая может вызвать повреждение турбины. См. рис. 1 графиков точки росы LPG. Газ, подаваемый в турбину может содержать концентрации пентана и гептана, но жидкость находящаяся внутри, должна быть удалена перед тем как попасть в топливную систему турбины.

4. Двигатель прошел тестирование с этим видом топлива, но применение этого топлива с микротурбиной не предпочтительно.

Тип микротурбины	Описание
C30 HP	Высокого давления
C30 LP	Низкого давления
C30 SG	Высокого давления «кислый» газ (с содержанием сероводорода)
C30 L/DG	«Свалочный» или «Био» газ с содержанием сероводорода (газ отходов)
C30 LF	Жидкое топливо (керосин, дизель)
C60 HP	Высокого давления
C60 HP ICHP	Высокого давления со встроенным теплоутилизатором
C60 LP	Низкого давления
C60 LP ICHP	Низкого давления со встроенным теплоутилизатором

Рис. 1 Влияние пропан-бутановой смеси на точку росы сжиженного углеводородного газа

Точки росы для пропан-бутановых смесей (кривые - % содержание пропана в смеси)



Теплотворная способность топлива - количество теплоты, выделяемое при сжигании 1 кг твердого или 1 м³ газообразного топлива.

Теплотворность каждого вида топлива зависит:

- от его горючих составляющих: углерода, водорода, летучей горючей серы и др.;
- от его зольности и влажности.

Т.с. топлива измеряется в джоулях или калориях. Т. с., отнесённая к единице массы или объёма топлива, называется удельной Т. с. - *кДж* или *ккал* на 1 *кг* или *м³*.

В Великобритании и США до внедрения метрической системы мер удельная Т. с. измерялась в британских тепловых единицах (*Btu*) на фунт (*lb*) ($1Btu/lb = 2,326 \text{ кДж/кг}$). Удельная Т. с. - важнейший показатель практической ценности топлива. Т. с. определяют **калориметрией**. Если вода, содержащаяся в топливе и образующаяся при сгорании водорода топлива, присутствует в виде жидкости, то количество выделившейся теплоты характеризуется высшей Т. с. (Q_B^P). Если вода находится в виде пара, то Т. с. называется низшей (Q_H^P). Низшая и высшая Т. с. связаны следующей зависимостью:

$$Q_H^P = Q_B^P - k(W + 9H),$$

где *W* - количество воды в топливе, % (по массе); *H* - количество водорода в топливе, % (по массе); *k* - коэффициент, равный 25 *кДж/кг* (6 *ккал/кг*).

В России, Германии и др. странах, тепловые расчёты обычно ведут по низшей Т. с., в США, Великобритании, Франции - по высшей.

Т. с. может быть отнесена к рабочей массе топлива Q^P то есть к топливу в том виде, в каком оно поступает к потребителю; к сухой массе топлива Q^C ; к горючей массе топлива Q^F , то есть к топливу, не содержащему влаги и золы.

Для приближённых подсчётов Т. с. определяют по эмпирическим формулам; например, Т. с. твёрдых и жидких топлив вычисляют по формуле Менделеева:

$$Q^P = 81C^P + 300H^P - 26(O^P - S^P_{л}) - 6(9H^P + W^P),$$

где *C^P*, *H^P*, *O^P*, *S^P_л*, *W^P* - содержание в рабочей массе топлива углерода, водорода, кислорода, летучей серы и влаги в % (по массе).

Низшая теплота сгорания сухого газообразного топлива может быть определена по формуле, *кДж/м³*:

$$Q_H^P = 127CO + 108H_2 + 358CH_4 + 234H_2S + 590C_2H_4 + 638C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12}$$

Здесь CO и H и т.д. – содержание компонентов газа, % по объёму.