

Свойства сжиженных углеводородных газов. Особенности эксплуатации углеводородных систем.

Тем не менее, основательный подход к точному измерению и учету сжиженных газов в нашей стране стал появляться не более 10 – 15 лет назад. Для сравнения, сжиженный газ в Англии производится с начала 30-х годов XX века, с учетом того, что это страна с развитой рыночной экономикой, технология измерения и учета сжиженных газов, а также производство специального оборудования для этих целей стали развиваться практически с началом производства.

Итак, коротко рассмотрим, что представляют собой сжиженные углеводородные газы и как они производятся. Сжиженные газы делятся на две группы:

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) – представляют собой смесь химических соединений, состоящую в основном из водорода и углерода с различной структурой молекул, т.е. смесь углеводородов различной молекулярной массы и различного строения. Основными компонентами СУГ являются пропан и бутан, в виде примесей в них содержатся более легкие углеводороды (метан и этан) и более тяжелые (пентан). Все перечисленные компоненты являются предельными углеводородами. В состав СУГ могут входить также непредельные углеводороды: этилен, пропилен, бутилен. Бутан-бутилены могут присутствовать в виде изомерных соединений (изобутана и изобутилена).

ШФЛУ – широкая фракция легких углеводородов, включает в основном смесь легких углеводородов этановой (C2) и гексановой (C6) фракций.

В целом типичный состав ШФЛУ выглядит следующим образом: этан от 2 до 5%; сжиженный газ фракций C4-C5 40-85%; гексановая фракция C6 от 15 до 30%, на пентановую фракцию приходится остаток.

Учитывая широкое применение в газовом хозяйстве именно СУГ, следует более подробно остановиться на свойствах пропана и бутана.

Пропан — это органическое вещество класса алканов. Содержится в природном газе, образуется при крекинге нефтепродуктов. Химическая формула C_3H_8 (рис. 1). Бесцветный газ без запаха, очень малорастворим в воде. Точка кипения $-42,1^{\circ}C$. Образует с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации паров от 2,1 до 9,5%. Температура самовоспламенения пропана в воздухе при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.) составляет $466^{\circ}C$.

Пропан используется в качестве топлива, основной компонент так называемых сжиженных углеводородных газов, в производстве мономеров для синтеза полипропилена. Является исходным сырьём для производства растворителей. В пищевой промышленности пропан зарегистрирован в качестве пищевой добавки **E944**, как пропеллент.

Бутан (C_4H_{10}) — органическое соединение класса алканов. В химии название используется в основном для обозначения н-бутана. Химическая формула C_4H_{10} (рис. 1). Такое же название имеет



смесь н-бутана и его изомера изобутана C_4H_{10} . Бесцветный горючий газ, без запаха, легко сжижаемый (ниже 0°C и нормальном давлении или при повышенном давлении и обычной температуре — легколетучая жидкость). Содержится в газовом конденсате и нефтяном газе (до 12 %). Является продуктом каталитического и гидрокаталитического крекинга нефтяных фракций.

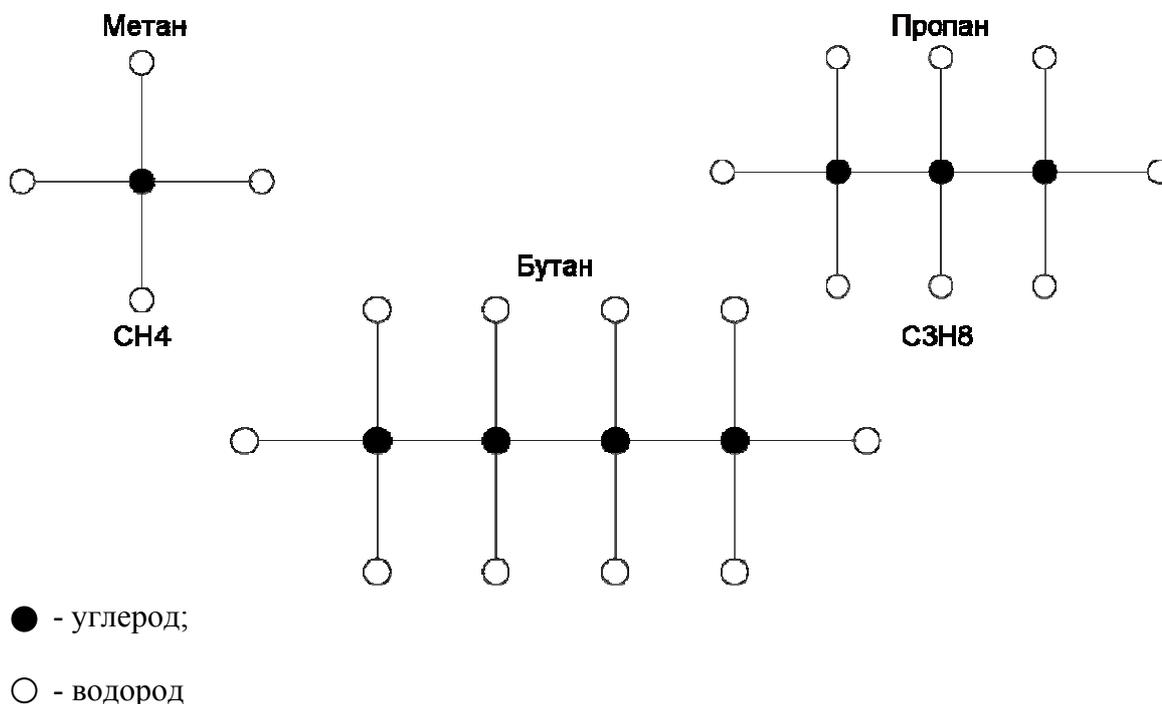


Рисунок 1. Структура атомов пропана, бутана и метана.

Производство, как сжиженного газа, так и ШФЛУ осуществляется за счет следующих трех основных источников:

- предприятия нефтедобычи – получение СУГ и ШФЛУ происходит во время добычи сырой нефти при переработке попутного (связанного) газа и стабилизации сырой нефти;
- предприятия газодобычи – получение СУГ и ШФЛУ происходит при первичной переработке скважинного газа или несвязанного газа и стабилизации конденсата;
- нефтеперегонные установки – получение сжиженного газа и аналогичных ШФЛУ происходит при переработке сырой нефти на НПЗ. В данной категории ШФЛУ состоит из смеси бутан-гексановых фракций (C4-C6) с небольшим количеством этана и пропана.

Основное преимущество СУГ – возможность их существования при температуре окружающей среды и умеренных давлениях, как в жидком, так и в газообразном состоянии. В жидком состоянии они легко перерабатываются, хранятся и транспортируются, в газообразном имеют лучшую характеристику сгорания.

Состояние углеводородных систем определяется совокупностью влияний различных факторов, поэтому для полной характеристики необходимо знать все параметры. К основным параметрам, поддающимся непосредственному измерению и влияющим на режимы течения СУГ, относятся давление, температура, плотность, вязкость, концентрация компонентов, соотношение фаз.

Система находится в равновесном состоянии, если все параметры остаются неизменными. При таком состоянии в системе не происходит видимых качественных и количественных изменений. Изменение хотя бы одного параметра нарушает равновесное состояние системы, вызывая тот или иной процесс.

Углеводородные системы могут быть гомогенными и гетерогенными. Если система имеет однородные физические и химические свойства – она гомогенна, если же она неоднородна или состоит из веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях – она гетерогенна. Двухфазные системы относятся к гетерогенным.

Под фазой понимается определенная гомогенная часть системы, имеющая четкую границу раздела с другими фазами.

Сжиженные газы при хранении и транспортировании постоянно изменяют свое агрегатное состояние, часть газа испаряется и переходит в газообразное состояние, а часть конденсируется, переходя в жидкое состояние. В тех случаях, когда количество испарившейся жидкости равно количеству сконденсировавшегося пара, система жидкость-газ достигает равновесия и пары на жидкостью становятся насыщенными, а их давление называется давлением насыщения или упругостью паров.

Упругость паров СУГ возрастает с повышением температуры и уменьшается с ее понижением.

Это свойство сжиженных газов является одним из определяющих при проектировании систем хранения и распределения. При отборе из резервуаров кипящей жидкости и транспортировании ее по трубопроводу часть жидкости испаряется из-за потерь давления, образуется двухфазный поток, упругость паров которого зависит от температуры потока, которая ниже температуры в резервуаре. В случае прекращения движения двухфазной жидкости по трубопроводу давление во всех точках выравнивается и становится равным упругости паров.

Сжиженные углеводородные газы транспортируются в железнодорожных и автомобильных цистернах, хранятся в резервуарах различного объема в состоянии насыщения: в нижней части сосудов размещается кипящая жидкость, а в верхней находятся сухие насыщенные пары (рис. 2). При снижении температуры в резервуарах часть паров сконденсируется, т.е. увеличивается масса жидкости и уменьшается масса пара, наступает новое равновесное состояние. При повышении температуры происходит обратный процесс, пока при новой температуре не наступит равновесие фаз. Таким образом, в резервуарах и трубопроводах происходят процессы испарения и конденсации, которые в двухфазных средах протекают при постоянном давлении и температуре, при этом температуры испарения и конденсации равны.

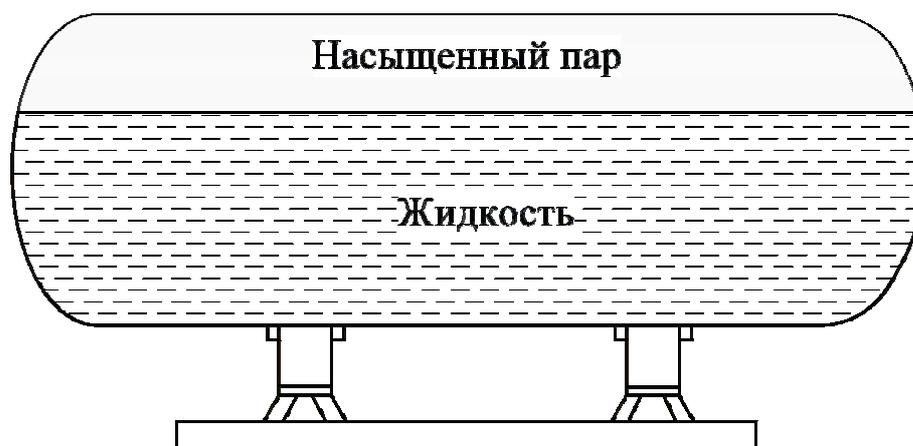
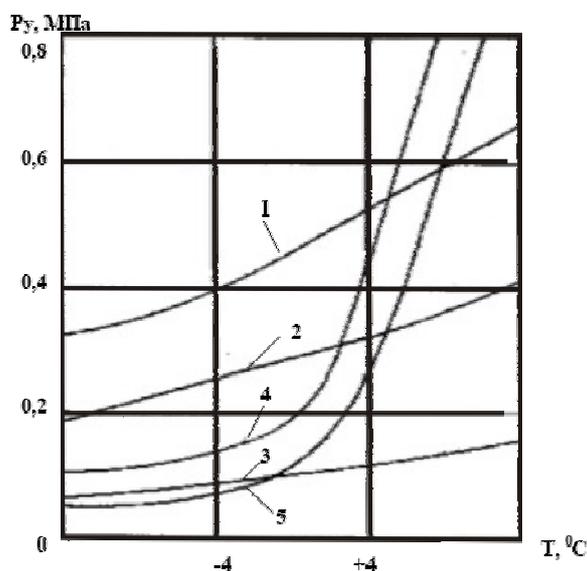


Рисунок 2. Фазные состояния сжиженных газов при хранении.

В реальных условиях в сжиженных газах в том или ином количестве присутствуют водяные пары. Причем их количество в газах может увеличиваться до насыщения, после чего влага из газов выпадает в виде воды и смешивается с жидкими углеводородами до предельной степени растворимости, а затем выделяется свободная вода, которая отстаивается в резервуарах. Количество воды в СУГ зависит от их углеводородного состава, термодинамического состояния и температуры. Доказано, что если температуру СУГ снизить на 15-30⁰С, то растворимость воды снизится в 1,5-2 раза и свободная вода скопится на дне резервуара или выпадет в виде конденсата в трубопроводах. Скопившуюся в резервуарах воду необходимо периодически удалять, иначе она может попасть к потребителю или привести к поломке оборудования.



1-3 – упругость паров:

1 – пропана, 2 – смеси пропан-бутана, 3 – бутана;

4-5 – линии гидратообразования:

4 – пропана, 5 – бутана.

Рисунок 3. Гидратообразование и упругость паров пропана и бутана.

Согласно методам испытаний СУГ определяют наличие лишь свободной воды, присутствие растворенной допускается.

За рубежом предъявляются более жесткие требования на наличие воды в СУГ и ее количество, посредством фильтрации доводится до 0,001% по массе. Это оправдано, так как растворенная вода в сжиженных газах является загрязнителем, ибо даже при положительных температурах она образует твердые соединения в виде гидратов.

Гидраты можно отнести к химическим соединениям, так как они имеют строго определенный состав, но это соединения молекулярного типа, однако химическая связь на базе электронов у гидратов отсутствует. В зависимости от молекулярной характеристики и структурной формы внутренних ячеек, различные газы внешне представляют собой четко выраженные прозрачные кристаллы разнообразной формы, а гидраты, полученные в турбулентном потоке – аморфную массу в виде плотно спрессованного снега.

По графику, представленному на рис.3 видно, что давление, при котором образуются гидраты при температуре меньше 0⁰С, ниже упругости паров пропана, такая же зона имеется и для бутана.

Условия образования гидратов необходимо знать при проектировании трубопроводов и систем для транспортировки газов, оборудования ГНС, АГЗС, а также для разработки мер по предупреждению их образования и ликвидации гидратных пробок. Установлено, что давление, при котором образуются гидраты при температуре +5⁰С ниже упругости паров пропана и бутана.

В большинстве случаев, говоря о сжиженных газах, мы подразумеваем углеводороды соответствующие ГОСТ 20448-90 «Газы углеводородные сжиженные для коммунально-бытового потребления» и ГОСТ 27578-87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта». Они представляют собой смесь, состоящую в основном из пропана, бутана и изобутана. Благодаря идентичности строения их молекул приближенно соблюдается правило аддитивности: параметры смеси пропорциональны концентрациям и параметрам отдельных компонентов. Поэтому по некоторым параметрам можно судить о составе газов.

Соответствующие параметры смесей получают суммированием парциальных параметров отдельных компонентов:

$$y_{см} = \sum y_i x_i, \quad (1)$$

Где $y_{см}$ - параметр смеси; y_i – параметр компонента; x_i – концентрация компонента.

В соответствие с правилом аддитивности и таблицами 1; 2 можно рассчитать любой параметр смеси. Для примера возьмем пропан-бутановую смесь с концентрацией 40% бутана и 60% пропана. Необходимо определить плотность смеси при 10⁰С. По формуле 1 находим:

$$\rho_{см} = 516,8 \times 0,6 + 586,3 \times 0,4 = 310,08 + 234,52 = 544,6$$

Таким образом, для данных условий плотность смеси будет составлять 544,6 кг/м³.

При проведении измерений количества СУГ и при учетных операциях на объектах хранения, важное значение имеют такие понятия как плотность, температурное расширение и вязкость.

Плотность, кг/м³ – отношение массы тела к его объему, зависящее от углеводородного состава и его состояния. Плотность паровой фазы СУГ – сложная функция температуры, состояния и давления для каждого компонента.

Плотность жидкой фазы пропан-бутановых смесей зависит от состава углеводородов и температуры, так как с ростом температуры снижается плотность жидкости, что обусловлено объемным расширением.

Относительное изменение объема жидкости при изменении температуры на один градус характеризуется температурным коэффициентом объемного расширения β_t , который у сжиженных газов (пропана и бутана) в несколько раз больше чем у иных жидкостей.

Пропан – $3,06 \cdot 10^{-3}$;

Бутан – $2,12 \cdot 10^{-3}$;

Керосин – $0,95 \cdot 10^{-3}$;

Вода – $0,19 \cdot 10^{-3}$;

При повышении давления жидкая фаза пропана и бутана сжимается. Степень сжатия ее оценивается коэффициентом объемной сжимаемости $\beta_{сж}$, размерность которого обратна размерности давления.

Вязкость – это способность газов или жидкостей оказывать сопротивление сдвигающим усилиям, обусловленная силами сцепления между молекулами вещества. При относительном движении между слоями потока возникает касательная сила, которая зависит от площади соприкосновения слоев и градиента скорости. Удельное касательное напряжение, возникающее между слоями, определяет динамическую вязкость газа или жидкости и называется коэффициентом динамической вязкости. Анализ экспериментальных исследований показал, что вязкость СУГ зависит от температуры, а с увеличением давления растет незначительно. В отличие от жидкостей у газа вязкость с повышением температуры возрастает.

В технических расчетах часто пользуются кинематической вязкостью ν , представляющей собой отношение динамической вязкости к плотности:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}; \quad (2)$$

Физические и термодинамические свойства сжиженных газов приведены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1

Термодинамические и физические свойства жидкой фазы пропана и бутана								
T, К (°C)	P, МПа	$\rho_{ж}$, кг/м ³	ν , 10 ⁻⁷ м ² /с	Сж, кДж/(кг)	r, кДж/кг	λ , 10 ⁻³ Вт/(м•	a^2 , 10 ⁻¹ м ² /с	Pг
Жидкая фаза пропана								
223 (-50)	0,070	594,3	4,095	2,207	434,94	126,68	0,966	4,24
228 (-45)	0,088	587,9	3,932	2,230	429,50	125,99	0,961	4,09
233 (-40)	0,109	581,4	3,736	2,253	424,02	125,30	0,957	3,90
238 (-35)	0,134	574,9	3,568	2,278	418,32	124,61	0,951	3,75
243 (-30)	0,164	568,5	3,410	2,303	412,62	123,92	0,946	3,60
248 (-25)	0,199	562,0	3,259	2,328	406,685	123,23	0,942	3,46
253 (-20)	0,239	555,5	3,116	2,353	400,75	122,55	0,938	3,32
258 (-15)	0,285	549,1	2,980	2,385	394,58	121,86	0,931	3,20
263 (-10)	0,338	542,6	2,851	2,416	388,41	121,17	0,924	3,09
268 (-5)	0,398	536,2	2,731	2,448	381,76	120,48	0,918	2,97
273 (0)	0,467	529,7	2,613	2,479	375,11	119,79	0,912	2,87
278 (5)	0,544	523,2	2,502	2,519	367,99	119,10	0,904	2,77
283 (10)	0,630	516,8	2,398	2,558	360,87	118,41	0,896	2,68
288 (15)	0,727	510,3	2,300	2,604	353,27	117,72	0,886	2,60

293 (20)	0,834	503,9	2,209	2,650	345,67	117,03	0,876	2,52
298 (25)	0,953	497,4	2,120	2,699	337,125	116,35	0,867	2,45
303 (30)	1,084	490,9	2,037	2,747	328,58	115,66	0,858	2,37
308 (35)	1,228	484,5	1,960	2,799	318,84	114,97	0,848	2,31
313 (40)	1,385	478,0	1,887	2,851	309,11	114,28	0,839	2,25
318 (45)	1,558	571,5	1,818	2,916	297,48	113,59	0,826	2,20
323 (50)	1,745	465,1	1,755	2,981	285,84	112,90	0,814	2,16
Жидкая фаза бутана								
223 (-50)	0,0094	674,3	5,09	2,114	423,96	133,45	0,9362	5,44
228 (-45)	0,0126	667,0	4,92	2,125	420,36	132,72	0,9364	5,25
233 (-40)	0,0167	659,7	4,76	2,135	416,75	131,59	0,9371	5,08
238 (-35)	0,0218	652,3	4,60	2,152	412,97	131,27	0,9351	4,92
243 (-30)	0,0280	645,0	4,43	2,169	409,19	130,54	0,9331	4,75
248 (-25)	0,0357	637,7	4,28	2,188	405,41	129,82	0,9304	4,60
253 (-20)	0,0449	630,3	4,18	2,207	401,63	129,09	0,9280	4,50
258 (-15)	0,056	616,6	3,98	2,234	397,67	128,37	0,9319	4,27
263 (-10)	0,069	611,5	3,83	2,261	393,70	127,64	0,9232	4,15
268 (-5)	0,085	606,3	3,698	2,270	389,56	126,92	0,9222	4,01
273 (0)	0,103	601,0	3,561	2,307	385,42	126,19	0,9101	3,91
278 (5)	0,123	593,7	3,422	2,334	381,10	125,46	0,9054	3,78
283 (10)	0,147	586,3	3,320	2,361	376,77	124,74	0,9011	3,68
288 (15)	0,175	579,0	3,173	2,392	372,09	124,01	0,8940	3,55
293 (20)	0,206	571,7	3,045	2,424	367,41	123,29	0,8897	3,42
298 (25)	0,242	564,3	2,934	2,460	362,37	122,56	0,8828	3,32
303 (30)	0,282	557,0	2,820	2,495	357,32	121,84	0,8767	3,22
308 (35)	0,327	549,7	2,704	2,535	351,92	121,11	0,8691	3,11
313 (40)	0,377	542,3	2,606	2,575	346,52	120,39	0,8621	3,02
318 (45)	0,432	535,0	2,525	2,625	340,76	119,66	0,8521	2,96
323 (50)	0,494	527,7	2,421	2,680	334,99	118,93	0,8409	2,88

Таблица 2.

Термодинамические и физические свойства паровой фазы пропана и бутана							
T, K (°C)	P, МПа	ρ_n, кг/м³	v, 10⁻⁷ м²/с	C_p, кДж/(кг·К)	r, кДж/кг	λ, 10⁻³ Вт/(м·К)	a^2, 10⁻¹ м²/с
Паровая фаза пропана							
223 (-50)	0,070	1,96	30,28	1,428	434,94	0,92	32,9
228 (-45)	0,088	2,41	25,23	1,454	429,50	0,96	27,4
233 (-40)	0,109	2,92	21,32	1,480	424,02	1,00	23,1
238 (-35)	0,134	3,52	18,09	1,505	418,32	1,04	19,6
243 (-30)	0,164	4,22	15,43	1,535	412,62	1,07	16,5
248 (-25)	0,199	5,02	13,26	1,552	406,685	1,11	14,2
253 (-20)	0,239	5,90	11,52	1,587	400,75	1,15	12,3
258 (-15)	0,285	6,90	10,06	1,610	394,58	1,19	10,7
263 (-10)	0,338	8,03	8,82	1,640	388,41	1,24	9,4
268 (-5)	0,398	9,28	7,78	1,675	381,76	1,28	8,2
273 (0)	0,467	10,67	6,90	1,710	375,11	1,32	7,2
278 (5)	0,544	12,23	6,14	1,750	367,99	1,36	6,4
283 (10)	0,630	13,91	5,50	1,786	360,87	1,41	5,7
288 (15)	0,727	15,75	4,94	1,820	353,27	1,45	5,1
293 (20)	0,834	17,79	4,45	1,855	345,67	1,50	4,5
298 (25)	0,953	19,99	4,03	1,888	337,125	1,54	4,1
303 (30)	1,084	22,36	3,67	1,916	328,58	1,59	3,7
308 (35)	1,228	24,92	3,35	1,940	318,84	1,63	3,4
313 (40)	1,385	27,66	3,06	1,960	309,11	1,68	3,1
318 (45)	1,558	30,60	2,81	1,976	297,48	1,73	2,9
323 (50)	1,745	33,76	2,59	1,989	285,84	1,78	2,7
Паровая фаза бутана							
223 (-50)	0,0094	0,30	168,535	1,440	423,96	0,90	208,3
228 (-45)	0,0126	0,39	132,866	1,463	420,36	0,93	163,0
233 (-40)	0,0167	0,51	104,062	1,480	416,75	0,97	128,5
238 (-35)	0,0218	0,65	83,573	1,505	412,97	1,01	103,2
243 (-30)	0,0280	0,82	67,768	1,520	409,19	1,05	84,2
248 (-25)	0,0357	1,03	55,159	1,540	405,41	1,09	68,7
253 (-20)	0,0449	1,27	45,712	1,560	401,63	1,13	57,0
258 (-15)	0,056	1,55	38,252	1,580	397,67	1,17	47,8
263 (-10)	0,069	1,86	32,540	1,610	393,70	1,21	40,4
268 (-5)	0,085	2,26	27,325	1,632	389,56	1,26	34,2
273 (0)	0,103	2,66	23,677	1,654	385,42	1,30	29,5
278 (5)	0,123	3,18	20,189	1,674	381,10	1,34	25,2
283 (10)	0,147	3,71	17,634	1,694	376,77	1,39	22,1
288 (15)	0,175	4,35	15,318	1,713	372,09	1,43	19,2
293 (20)	0,206	5,05	13,435	1,732	367,41	1,48	16,9
298 (25)	0,242	5,82	11,864	1,751	362,37	1,53	15,0

303 (30)	0,282	6,68	10,517	1,770	357,32'	1,57	13,3
308 (35)	0,327	7,60	9,402	1,791	351,92	1,62	11,9
313 (40)	0,377	8,62	8,428	1,810	346,52	1,67	10,7
318 (45)	0,432	9,72	7,596	1,830	340,755	1,72	9,7
323 (50)	0,494	10,93	6,864	1,848	334,99	1,77	8,8

Таким образом, можно подвести итог и выделить основные свойства пропан-бутановых смесей, влияющих на условия их хранения, транспортирования и измерения.

1. Сжиженные углеводородные газы относятся к низкокипящим жидкостям, способным находиться в жидком состоянии под давлением насыщенных паров.

Температура кипения:

Пропан -42°C ;

Бутан $-0,5^{\circ}\text{C}$.

2. При нормальных условиях объем газообразного пропана больше в 270 раз, чем объем пропана сжиженного.

3. Сжиженные углеводородные газы характеризуются высоким коэффициентом теплового расширения.

4. СУГ характеризуются низкой плотностью и вязкостью по сравнению со светлыми нефтепродуктами.

5. Нестабильность агрегатного состояния СУГ при течении по трубопроводам в зависимости от температуры, гидравлических сопротивлений, неравномерности условных проходов.

6. Транспортирование, хранение и измерение СУГ возможны только посредством закрытых (герметизированных) систем, рассчитанных, как правило, на рабочее давление 1,6 МПа.

7. Перекачивающие, измерительные операции требуют применения специального оборудования, материалов и технологий.

Во всем мире, углеводородные системы и оборудование, а также устройство технологических систем подчинено единым требованиям и правилам.

Сжиженный газ представляет собой ньютоновскую жидкость, поэтому процессы перекачивания и измерения описываются общими законами гидродинамики. Но функция углеводородных систем сводится не только к простому перемещению жидкости и ее измерению, но и обеспечению уменьшения влияния «отрицательных» физико-химических свойств СУГ.

Принципиально, системы, перекачивающие СУГ, мало отличаются от систем для воды и нефтепродуктов, и, тем не менее, необходимо дополнительное оборудование, гарантирующее качественные и количественные характеристики измерения.

Исходя из этого технологическая углеводородная система, как минимум должна иметь в своем составе резервуар, насос, газоотделитель, измеритель, дифференциальный клапан, отсечной или регулирующий клапан, устройства безопасности от превышения давления или скорости потока.

Резервуар хранения должен быть оборудован входным патрубком для налива продукта, линией слива для отпуска и линией паровой фазы, которая используется для выравнивания давления, возврата паров от газоотделителя или калибровки системы.

Насос – обеспечивает давление, необходимое для движения продукта через систему отпуска. Насос должен быть подобран по емкости, производительности и давлению.

Измеритель – включает преобразователь количества продукта и отсчетное устройство (индикацию) которое может быть электронным или механическим.

Газоотделитель – отделяет пар, образованный во время потока жидкости, прежде чем он достигнет счетчика и возвращает его в паровое пространство резервуара.

Дифференциальный клапан – служит для обеспечения прохождения через счетчик только жидкого продукта, посредством создания после счетчика избыточного дифференциального давления, заведомо большего, чем давление паров в емкости.

Система должна удовлетворять следующим требованиям:

- быть герметичной и выдерживать необходимое расчетное давление;
- изготовлена из материалов, предназначенных для работы с СУГ;

— оборудована клапанами сброса давления для управляемого выпуска продукта при превышении давления сверх рабочего.

Основные характеристики конструкции, описанные выше, применимы ко всем типам систем, используемых для измерения и отпуска СУГ. Однако это не единственные критерии. Конструкция системы должна отражать различные условия ее использования для коммерческого отпуска продукта.

Условно можно разделить системы измерения на следующие группы (типы):

— осуществление измерения СУГ (в том числе налив автоцистерн) при относительно высокой скорости потока (400-500 л/мин.). Как правило, это НПЗ, ГНС.

— измерение количества СУГ при поставках на АГЗС или конечным потребителям автоцистернами (в том числе налив автоцистерн). Производительность в данном случае колеблется от 200 до 250 л/мин.

— Коммерческая заправка газобаллонных автомобилей. Скорость заправки обычно не превышает 50 л/мин.

Конструкция и тип систем измерения для СУГ определен физическими свойствами продукта, особенно его зависимость от температуры и давления во время отпуска.

Чтобы обеспечить точное измерение, конструкция системы должна включать средства для минимизации испарения и устранения образовавшегося пара, прежде чем он попадет в счетчик.

Конструкция измерительной системы зависит от ее использования и от максимальной производительности. Измерительные установки могут использоваться как стационарно, так и устанавливаться на автоцистернах, применяться при оптовой и розничной продаже.

Рассмотрим отдельно компоненты, которые учувствуют в операциях измерения СУГ и являются обязательными для большинства систем учета.

Напорная линия – соединяет емкость хранения и входной патрубков установки измерения и имеет элементы, которые управляют потоком жидкости и гарантируют ее поддержание в жидком состоянии. Напорная линия, как правило, состоит из следующих элементов:

Насосы.

Поскольку в емкости хранения система жидкость-пар находятся в равновесном состоянии и в купе с системой измерения составляют закрытую систему, газ не может течь самостоятельно. В результате должен использоваться насос для подачи СУГ на раздаточную линию.

Существует несколько типичных конструкций насосов, широко применяемых в тех или иных случаях. Это лопастные насосы, шестеренные насосы, вихревые насосы.

Скорость насоса может стать критическим фактором для точности измерительной системы и ее работоспособности. Если скорость насоса высока, давление на всасывающей линии может упасть ниже давления паров и произойдет испарение. Это явление называется кавитацией. Чтобы минимизировать эффекты кавитации, длина трубопровода от емкости до насоса должна быть минимальной. Этот трубопровод должен быть прямой, для исключения гидравлических сопротивлений и на размер больше чем трубопровод напорной линии.

Перепускной клапан.

В течение коротких промежутков времени, насос может находиться в рабочем состоянии, в то время как отпуск продукта не производится. Чтобы предотвратить повреждения, ряд насосов оборудованы перепускными клапанами. При повышении давления, клапан внутри насоса открывается, и жидкость начинает циркулировать внутри насоса. Как правило, подобная схема приводит к нагреву продукта и его вскипанию, при этом образуется паровая подушка, препятствующая движению жидкости. Проведя неоднократные опыты с насосами, оборудованными внутренними перепускными клапанами, мы пришли к выводу, что оптимальное решение для таких жидкостей как СУГ, это установка внешнего перепускного клапана.

Эта конструкция позволяет продукту циркулировать через емкость хранения и непрерывно снабжать насос не разогретым газом.

Скоростные клапаны.

Скоростными клапанами должны быть оборудованы все патрубки емкости хранения и раздаточные рукава. Цель этих клапанов остановить поток продукта в случае разрыва рукава или разъединения раздаточного крана.

Манометры.

Манометры необходимо устанавливать на всасывающей и напорной линиях насоса, на паровой фазе емкости хранения, а также на фильтрах системы.

Предохранительные клапаны.

В любом месте технологической и измерительной систем, где возможно заключение объема жидкости между двумя запорными устройствами необходима установка предохранительных клапанов, для предотвращения от возможного превышения давления.

Газоотделитель.

Газоотделитель – отделяет пар, образованный во время потока жидкости, прежде чем он достигнет счетчика и возвращает его в паровое пространство резервуара.

Как правило, газоотделители имеют поплавковую систему газоотделения, но некоторые производители отказываются от такой схемы в пользу применения скоростных или обратных клапанов и установки расширяющихся патрубков (сифонов) совместно с отверстиями малых диаметров. Такая схема для СУГ достаточно эффективна, если принять во внимание, что газоотделитель в закрытых системах играет роль газоконденсатора, т.е. его цель сконденсировать паровую фазу, а часть отвести в емкость хранения.

Фильтры.

Фильтры являются важным элементом гидравлической системы. Они устанавливаются перед насосом и в измерительном блоке и призваны предохранить насос или счетчик от твердых загрязнений, способных вывести их из строя. Фильтрующие элементы должны быть сменными или иметь возможность для их периодической чистки.

Краны и клапаны.

Неотъемлемой частью любой технологической системы для СУГ являются запорные устройства. Они призваны обеспечить удобное и быстрое техническое обслуживание отдельных компонентов без освобождения от газа и давления всей системы.

Счетчики и отсчетные устройства.

Отделенная от пара жидкость, после газоотделителя попадает в счетчик (преобразователь объема). В большинстве систем измерения СУГ счетчики имеют тип камерного расходомера, который, по нашему мнению, является самым надежным и очень точным методом измерения жидкости.

Существуют также другие типы расходомеров, такие как турбинные или массовые (кориолисовые) расходомеры.

Конструкция камерных расходомеров с технической точки зрения достаточно сложна, но принцип их работы является прямым. Существуют следующие типы расходомеров: шестеренные, ротационные, кольцевые, дисковые, лопастные, ковшовые, поршневые и т.п.

Из-за простого принципа действия таких устройств измерения, число факторов, которые вызывают неточное измерение немного.

Во первых, это присутствие паровой фазы в потоке продукта. Во вторых, неточность работы счетчика может быть вызвана загрязнением подвижных частей. Это еще раз говорит о важной функции применения фильтров. В третьих, точность работы устройств измерения зависит от износа подвижных частей.

Дифференциальный клапан – служит для обеспечения прохождения через счетчик только жидкого продукта, посредством создания после счетчика избыточного дифференциального давления, заведомо большего, чем давление паров в емкости.

Как правило, дифференциальный клапан имеет диафрагменную или поршневую конструкцию. Посредством диафрагмы или поршня происходит разделение устройства на две камеры. Верхняя связана с паровой фазой емкости, а нижняя с линией выдачи продукта. Пружина клапана располагается в полости паровой фазы и настраивается на минимальное давление в 1 кг/см^2 . Когда давление жидкости меньше или равно давлению паровой фазы, клапан закрыт. Чтобы его открыть, надо создать давление, превосходящее давление паров как минимум на $0,1 \text{ МПа}$. Это гарантирует конденсацию паровой фазы до счетчика и прохождения через измеритель только жидкого продукта.

Началом и окончанием движения продукта в наполняемую емкость управляет электроприводная арматура. Это могут быть электромагнитные клапаны, всевозможные задвижки и краны с электро или пневмоприводами, регулирующие клапаны и т.п. Цель отсечной или регулирующей арматуры заключается в открытии линии отпуска по команде в начале заправки и закрытии ее по достижении заданной дозы отпуска. Чтобы избежать излишней нагрузки на внутренние части уз-

лов гидравлической системы, отсечная арматура должна работать в режиме, исключающем негативное действие гидравлических ударов. Другими словами, клапаны должны, по крайней мере, открываться и закрываться в два этапа – с малого расхода на большой в начале и наоборот в конце заправки.

Линия отпуска пропускает измеренный продукт к точке выдачи. Чтобы обеспечить точное измерение, шланг должен быть заполнен жидким продуктом в начале отпуска и под рабочим давлением. Это называется «полный рукав». Для этого раздаточные пистолеты имеют клапан, который закрывается после отпуска и отсоединения раздаточного крана.

Свойства сжиженных углеводородных газов, как впрочем, и других жидкостей, требующих учета подразумевают индивидуальный подход к выбору оборудования

Тем не менее, благодаря многолетнему мировому опыту и точным теоретическим данным о свойствах сжиженных газов имеет место универсальность оборудования, т.е. конфигурация того или иного гидравлического узла позволяет использовать его в любой технологической системе по перекачке, измерению и учету СУГ.

Наша компания ежедневно сталкивается с задачами выбора и проектирования оборудования для различных технологических систем. Благодаря собственному опыту, а также опыту мировых производителей нам удалось создать устройства, которые в любой технологической системе позволяют исключить, или, по крайней мере, минимизировать отрицательные факторы термодинамических свойств СУГ.

Таким образом, подводя итог сказанному можно сделать вывод, что выбор оборудования должен быть максимально облегчен и производиться по параметрам производительности, точности, внешнего вида и т.д. (рис.4) Остальные технические характеристики оборудования (это подтверждается мировой практикой) должны быть предусмотрены самой конструкцией.

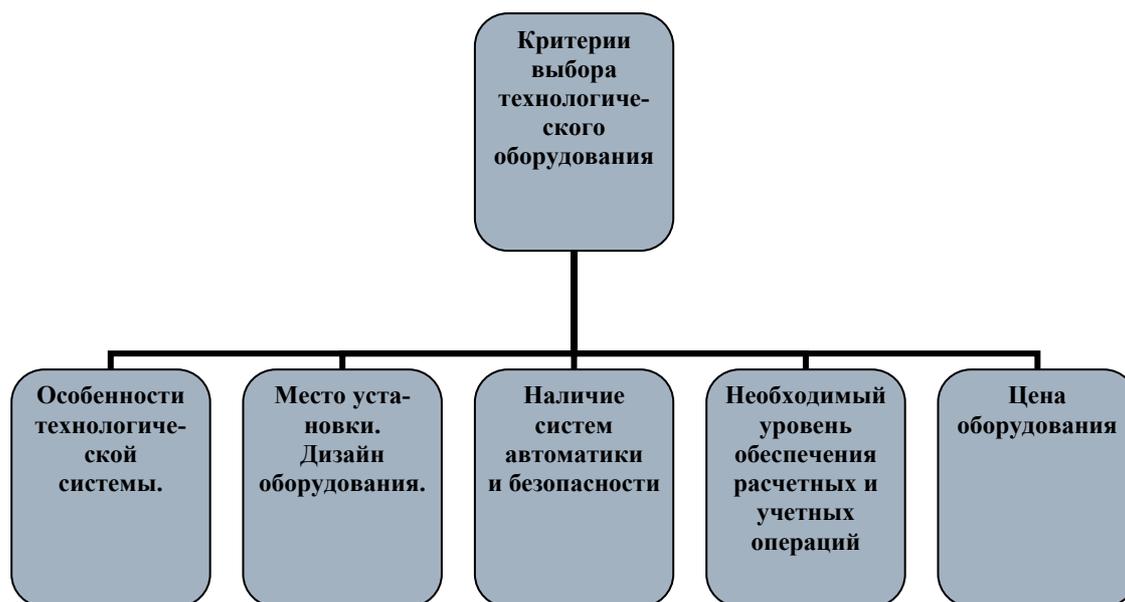


Рисунок 4. Условная классификация выбора оборудования для объектов, использующих СУГ.