МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(ВНИИ)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА МЕТАНОЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯМИ

РД 39-I-2I2-79

1979 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(ВНИИ)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Министра
нефтяной промышленности

_____ А.В.Валиханов

"12" июля 1979 г.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА МЕТАНОЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯМИ

РД 39-I-212-79

1979 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

В настоящей методике приведены структуры гидратов углеводородных газов, условия их образования и способы борьбы с ними. Описаны физико-химические свойства метилового спирта (метанола), как одного из ингибиторов гидратообразования. Изложена методика расчета норм расхода метанола для борьбы с гидратообразованием при добыче и транспорте природного и нефтяного газа. Приведены примеры расчета норм расхода метанола.

Авторы: Гусев В.И., Арутюнов А.И., Корчажкин М.Т.,
Динабург Л.С.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА МЕТАНОЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯМИ

РД 39-I 2I2-79

Приказом Министерства нефтяной промышленности
от 20.08.79 № 4I2

Срок введения установлен с I ноября I979 г.
Срок действия до I ноября I982 г.

I. НОРМЫ РАСХОДА МЕТАНОЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯМИ

В связи с интенсивным освоением газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений районов Сибири и Крайнего Севера задача борьбы с гидратообразованием при добыче и транспортировке продукции скважин становится актуальной.

Гидратами углеводородных газов называют твердые кристаллические вещества, образованные ассоциированными молекулами углеводородов и воды с плотностью 0,88-0,9 г/см^3, внешне они напоминают мокрый снег.

Рентгенографически установлены два типа кристаллической решетки гидратов: структура I, построенная из 46 молекул воды и имеющая 8 полостей и структура II - I36 молекул воды, I6 малых полостей и 8 больших.

Молекулы газа-гидратообразователя находятся в полостях

решетки, которая может существовать только при наличии этих молекул.

Метан, этан, углекислый газ, сероводород и азот образуют гидраты структуры I, причем идеальная форма полностью насыщенного газом гидрата в этом случае будет $8M \cdot 46H_2O$ (или $M \cdot 5{,}75H_2O$), где М - молекула гидратообразователя.

Пропан и изобутан образуют гидраты структуры II с идеальной формулой $8M \cdot I36H_2O (M \cdot I7H_2O)$.

При добыче и транспорте природного и нефтяного газов, которые представляют собой смесь различных углеводородных компонентов, образуются смешанные гидраты типа: $C_3H_8 \cdot 2CH_н \cdot I7H_2O$, т.е. малые полости в решетке структуры II занимает газ, самостоятельно образующий гидраты структуры I.

Гидраты образуются на поверхности контакта газ-вода. С уменьшением давления и плотности газа, температура гидратообразования уменьшается.

Для предупреждения образования гидратов в потоке газа необходимо устранить хотя бы одно из основных условий существования гидратов: высокое давление, низкую температуру или свободную влагу. На сегодняшний день наиболее распространенным методом борьбы с гидратами является применение различных ингибиторов.

В настоящее время наиболее широко применяемым ингибитором для борьбы с гидратообразованием является метанол, обладающий высокой степенью понижения температуры гидратообразования, способностью быстро разлагать уже образовавшиеся гидратные пробки и смешиваться с водой в любых соотношениях, малой вязкостью и низкой температурой замерзания.

Метанол (метиловый спирт) сильно токсичен, при работе с ним требуется особая осторожность.

Химическая формула метилового спирта CH_3OH, молекулярная масса 32,04. Метиловый спирт называют также метановым, древесным спиртом, карбинолом. Метанол представляет собой бесцветную жидкость, иногда с резким запахом (в зависимости от способа получения и очистки). Давление паров метанола при 20°С равно 89мм рт.ст., температура замерзания - 97,I°С, кипения +64,65°С. Некоторые физические характеристики метанола при нормальных условиях (0°С, I кгс/см^2) представлены ниже:

Вязкость, сП	0,8I7
Диэлектрическая проницаемость	32,63
Температура вспышки, °С	8
Температура самовоспламенения, °С	464
Пределы взрываемости паров с воздухом, % об:	
нижний	6,0
верхний	34,8
Критическое давление, кгс/см^2	78,7
Критическая температура, С	240,0
Критическая плотность, г/см^3	0,272
Критический объем, см^3/моль	II8
Вязкость в критической точке, сП	I,695·I0^{-2}

Термохимические характеристики метанола (ккал/моль) приведены ниже:

а) теплота сгорания:

жидкого	I73,65

газообразного I77,40

б) теплота парообразования при:

0°С 9,I92

25°С 8,94

64,7°С. 8,42

230°С 2,8I6

Плотность паров метанола при температурах до 473°К рассчитывают по уравнению (в г/см^3)

$$\lg \rho = 4{,}44(T/337{,}9-I) - 2{,}9439 \qquad (I)$$

где Т - температура, при которой определяют плотность насыщенного пара.

Значения плотностей и вязкостей метанола при отрицательных температурах даны в табл.I.

Таблица I

Значения плотности и вязкости метанола при отрицательных температурах

Температура °С	Плотность, г/см^3		Вязкость жидк., сП	Температура, °С	Плотность, г/см^3		Вязкость жидкости, сП
	жидкость	пар			жидкость	пар	
- 80	0,8860	$I{,}50I \cdot I0^{-6}$	5,70	-30	0,8390	$I{,}535 \cdot I0^{-5}$	I,39
- 70	0,8760	$2{,}430 \cdot I0^{-6}$	4,02	-20	0,8290	$2{,}562 \cdot I0^{-5}$	I,I6
-60	0,8670	$3{,}8I9 \cdot I0^{-6}$	2,98	-I0	0,8I90	$4{,}I5I \cdot I0^{-5}$	0,97
-50	0,8580	$6{,}235 \cdot I0^{-6}$	2,26	0	0,8I00	$5{,}620 \cdot I0^{-5}$	0,82
-40	0,8470	$9{,}5I7 \cdot I0^{-6}$	I,75	-	-	-	-

В табл.2 приведены некоторые свойства, которыми должен обладать поступающий на промыслы метанол по ГОСТУ 2222-70.

Таблица 2

Некоторые свойства метанола

Показатели	Синтетический	Лесохимический	
		I сорт	II сорт
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость без механических примесей		
Плотность ρ_4^{20}, г/см^3	0,79I-0,793	0,793	0,793
Пределы кипения, °С, при 760 мм рт.ст.:			
начало кипения, не ниже	64,0	64,0	63,5
конец кипения, не выше	65,0	66,0	66,0
В этих пределах должно отгоняться, не менее, % об.	99,0	98,0	97,0
Кислотное число в мг КОН на I г CH_3OH, не более	0,03	0,02	0,04
Эфирное число в мг КОН на I г CH_3OH	0,08	0,2	0,4
Содержание серы, не более,%	0,002	Не нормируется	
Содержание железа, не более,%	0,00I	То же	

Большой практический интерес при промысловой обработке газа представляет система метанол – вода. Это неидеальный раствор, свойства которого трудно найти исходя из свойств чистых компонентов.

Изменение плотностей водных растворов метанола в зависимости от концентрации метанола в растворе представлено в табл.3.

Таблица 3

Значения плотности водных растворов метанола в зависимости от концентрации и температуры (г/см³)

Концентрация, % вес	Температура, °С			
	0	I0	I5	20
0	0,9999	0,9997	0,9989	0,9982
5	0,99I4	0,99I2	0,9904	0,9896
I0	0,9842	0,9834	0,9825	0,98I5
I5	0,9780	0,9864	0,9752	0,9740
20	0,9725	0,9700	0,9683	0,9666
25	0,9666	0,9632	0,9570	0,9592
30	0,9604	0,9560	0,9537	0,95I5
35	0,9534	0,9484	0,9458	0,9433
40	0,9459	0,9403	0,9374	0,9345
45	0,9377	0,93I6	0,9284	0,9252
50	0,9287	0,922I	0,9I88	0,9I56
55	0,9I9I	0,9I22	0,9087	0,9052
60	0,9090	0,90I8	0,8982	0,8946
65	0,8980	0,89II	0,8873	0,8834
70	0,8869	0,8794	0,8755	0,87I5
75	0,8754	0,8676	0,8634	0,8592
80	0,8634	0,855I	0,85I0	0,8469
85	0,85I0	0,8422	0,838I	0,8340
90	0,8374	0,8287	0,8245	0,8202
95	0,8240	0,8I52	0,8I07	0,8062
I00	0,8I02	0,8009	0,7903	0,79I7

При увеличении содержания воды в метаноле температура замерзания растворов понижается и при содержании метанола в смеси 93,3% составляет - I37°С (эвтектическая точка табл.4).

Вязкость системы метанол - вода всегда больше вязкости чистого метанола и в исследованном интервале температур (от -I0 до +60°С) имеет максимум при содержании 30-40% метанола в смеси (табл.5).

Таблица 4

Значения температуры затвердевания водометанольных растворов

Концентрация метанола, % вес.	Температура затвердевания, °С		Концентрация метанола, % вес.	Температура затвердевания, °С	
	начало	конец		начало	конец
I0	-7,5	-8,0	80	-I02,5	-I32,0
20	-I8,5	-20,3	85	-II5,0	-I37,0
30	-3I,5	-35,0	90	-I28,0	-I37,0
40	-40,7	-54,0	95	-I2I,8	-I32,0
60	-72,5	-96,0	97,5	-I09,0	-II3,0
70	-87,0	-II6,0	I00	- 97,8	- 97,8

Таблица 5

Значения вязкости водных растворов метанола (сП)

Температура °С	Концентрация метанола в смеси, % вес.									
	I0	20	30	40	50	60	70	80	90	I00
-I0	4,58	5,70	6,I5	6,I2	5,33	4,30	3,20	2,20	I,68	I,I5
0	2,60	3,I7	3,40	3,46	3,I8	2,63	2,Ib	I,73	I,3I	0,90
20	I,35	I,60	I,78	I,80	I,75	I,63	I,43	I,I5	0,89	0,60
30	I,02	I,20	I,32	I,35	I,33	I,25	I,I3	0,93	0,72	0,50
40	0,80	0,93	I,02	I,07	I,05	I,00	0,90	0,75	0,60	0,45
60	0,55	0,60	0,65	0,68	0,66	0,65	0,60	0,52	0,48	0,35

Метанол смешивается во всех отношениях с многими органическими соединениями и более чем со 100 из них образует азеотропные смеси, в частности, с ацетоном (содержание метанола - 12%, температура кипения 55,7°С), сероуглеродом (14%, 37,65°С) четыреххлористым углеродом (20,66%; 55,7°С), бензолом (39,1%; 57,5°С), циклогексаном (61,0%; 54,2°С).

При сжигании на воздухе парообразного метанола происходит реакция.

$$2CH_3OH + 3O_2 + 37,52N_2 = 2CO_2 + 4H_2O + 22,56N_2$$

Горит метанол слабо-голубым несветящимся пламенем.

Метанол сочетает свойства слабого основания и еще более слабой кислоты, что обусловлено наличием алкильной и гидроксильной групп. На воздухе метанол окисляется последовательно до формальдегида, муравьиной кислоты и двуокиси углерода по схеме:

$$CH_3OH \xrightarrow{O_2} HCHO \xrightarrow{O_2} HCOOH \xrightarrow{O_2} CO_2$$

Основной способ получения метанола - синтез из водорода и окиси углерода. Исходным сырьем служит коксовый, природный и другие углеводородные газы. Синтезированный метанол-сырец содержит 89-92% CH_3OH диметилового эфира и от 6 до 9% воды, высших спиртов и других примесей. Дальнейшей ректификацией получают метанол с концентрацией 99,9%.

К недостаткам метанола относится то, что при сравнительно невысокой цене практически весь метанол теряется после однократного использования из-за того, что отсутствуют установки по

регенерации, а также из-за дополнительных безвозвратных потерь на унос с газом и растворения в конденсате.

Расчет норм расхода метанола необходимо производить для каждого конкретного случая отдельно, в зависимости от условий гидратообразования: давления P, температуры t и влажности газа W.

Примечание:

Не исключается возможность укрупненных расчетов. Например, несколько скважин с близкими значениями, P, T и W могут быть объединены в одну группу с осредненными параметрами. Допускается также осреднение параметров газосборной сети. При этом следует учитывать, что предельные колебания осредненных величин не должны превышать I0%.

Для легколетучего ингибитора гидратообразования, каким является метанол, удельная норма расхода его складывается из количества метанола, необходимого для насыщения жидкой свободной) воды - $g_ж$, и количества метанола необходимого для насыщения газовой фазы - $g_г$, т.е.

$$g_м^т = g_ж + g_г = \frac{(W_1 - W_2)}{C_1 - C_2} C_2 + C_2 \alpha \qquad (2)$$

где $g_м^т$ - расход метанола, кг/I000 м^3 газа;

W_1 - влажность газа в начале участка, на котором образуются гидраты кг/I000 м^3;

W_2 - влажность газа в конце участка, на котором образуются гидраты, кг/I000 м^3;

C_1 - весовая концентрация вводимого (свежего) метанола,%;

C_2 - весовая концентрация метанола в воде (концентрация отработанного метанола в конце участка, на котором образуются гидраты), %;

α - отношение содержания метанола, необходимого для насыщения газа, к концентрации метанола в жидкости.

Для определения суточного расхода метанола $q_м^{сут}$ следует удельную норму $q_м^{г}$ умножить на суточный расход обрабатываемого газа Q (в тыс.м^3/сут), т.е.

$$q_м^{сут} = q_м^{г} \cdot Q \text{ л/сут} \qquad (3)$$

Для пересчета расхода из кг/сут. в л/сут. следует по табл.3 определить плотность впрыскиваемого раствора метанола при соответствующей температуре, а затем разделив расход, полученный по формуле (3) на эту плотность, получим расход метанола в л/сут.

Для определения удельной нормы расхода метанола, как это следует из формулы (2), необходимо знать влажность газа и концентрацию метанола в двух точках: в начале и в конце участка, на котором образуются гидраты (например, на забое и в конце шлейфа; после сепараторов первой и последней степени сепарации и т.д.).

Влажность углеводородных газов с относительной плотностью (по воздуху) 0,6, не содержащих азот и насыщенных пресной водой при различных температурах и давлениях можно определить по графикам, составленным по экспериментальным данным, аналогично приведенному на рис.I.

Влажность газа зависит от углеводородного состава его, чем больше в газе тяжелых углеводородов, тем ниже его влажность. Наличие H_2S и CO_2 увеличивает влажность газа, а азота - уменьшает её.

Для определения влажности газа, относительная плотность которого отличается от 0,6 необходимо ввести поправку на плотность K_I (см.рис.Iа)

$$K_1 = \frac{W}{W_{0,6}} \qquad (4)$$

где W , $W_{0,6}$ - влажность исследуемого газа и газа с плотностью 0,6 соответственно.

Наличие в пластовой воде растворенных солей ($NaCl$, $MgCl_2$ и др.) снижает парциальное давление паров воды надраствором, а следовательно, и влажность равновесного с ним газа.

Поправочный коэффициент на соленость K_2 приведен на рис.I5 и определяется отношением

$$K_2 = \frac{W_c}{W} \qquad (5)$$

где W_c - равновесная влажность газа, находящегося в контакте с водой, содержащей соли.

Влажность газа определяют в кг/I000 м^3.

Пример I.

Нефтяной газ с относительной плотностью 0,9 находится в контакте с пластовой водой, содержащей 35 г/л $NaCl$
Давление газа 3I кгс/см^2, температура 50°С. Определить влажность газа при этих условиях.

Решение.

Согласно графика рис.I при давлении 3I кгс/см^2 и температуре 50°С содержание влаги в газе равно 3,5 г/м^3(кг/I000 м^3).

Поправка на плотность (см.рис.Iа) для газа с относительной плотностью 0,9 при 50°С равна K_I = 0,98, а поправка на соленость согласно рис.Iб равна K_2 = 0,92.

Тогда

$$W = W_{0,6} \cdot K_1 K_2 = 3,5 \cdot 0,98 \cdot 0,92 = 3,15 \ кг/1000 м^3$$

Определив по графику рис.I влажность газа в начале W_1 и в конце W_2 участка, на котором образуются гидраты, находят количество влаги, выделяющейся из каждых I000 м^3 проходящего газа (в кг):

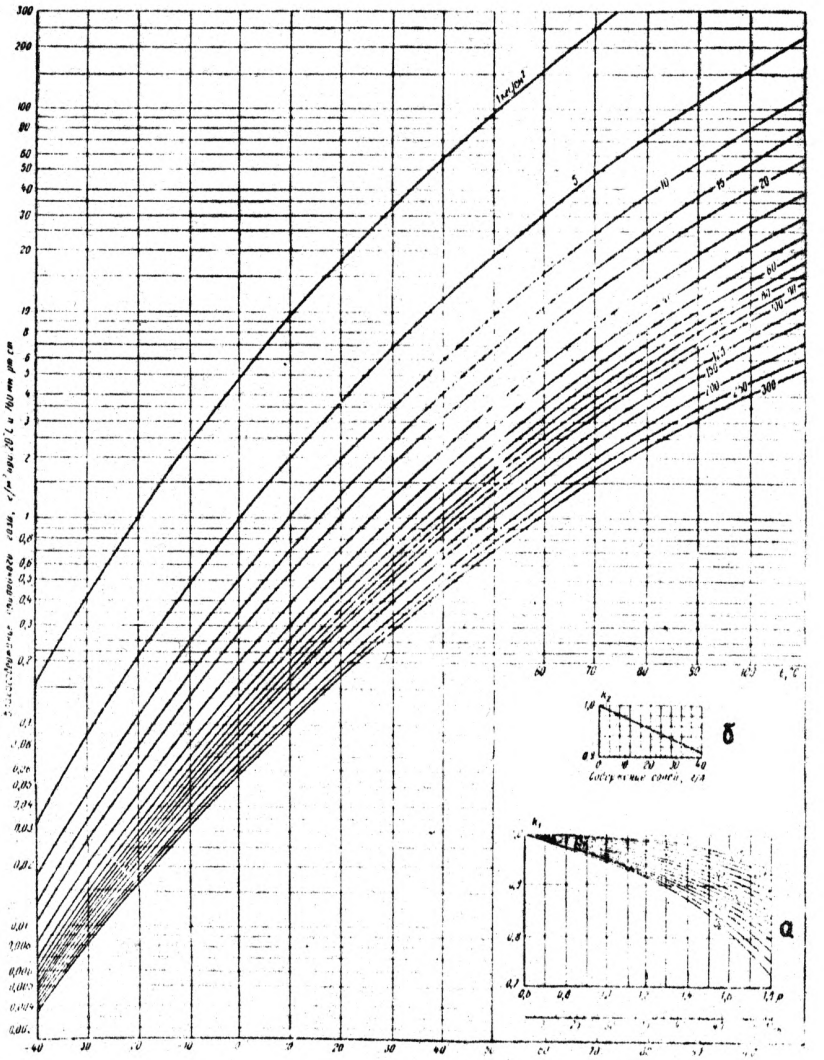
$$\Delta W = W_1 - W_2 \qquad (6)$$

Определяют равновесную температуру гидратообразования $t_{гидр.}$

Наиболее правильным считается определение температуры гидратообразования по экспериментальным данным. Если экспериментальные данные отсутствуют, то для определения температуры гидратообразования $t_{гидр.}$ следует пользоваться равновесными кривыми образования гидратов газов различной плотности, приведенными на рис.2.

Зная температуру газа в конце участка. на котором образуются гидраты t_2 °С (измеряется или рассчитывается) определяют величину снижения равновесной температуры, необходимой для предотвращения гидратообразования:

$$\Delta t = t_{гидр} - t_2 \qquad (7)$$


300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
15
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0,009
0,008
0,007
0,006
0,005
0,004
0,003
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360
370
380
390

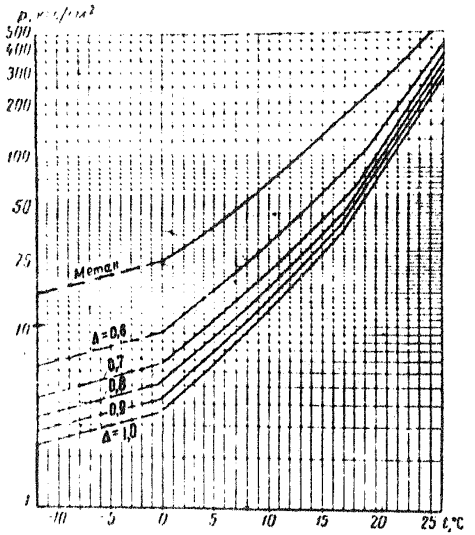


Рис.2. Равновесные кривые образования гидратов природных газов в зависимости от температуры и давления

После определения Δt по графику рис.3 находят концентрацию растворенного в воде (отработанного) метанола C_2 в процентах.

Коэффициент α, являющийся отношением концентрации метанола в паровой фазе к концентрации отработанного метанола в жидкой фазе, для конечного давления P_2 и температуры t_2 определяют по графику, приведенному на рис.4.

Таким образом, становятся известными все величины, входящие в формулу (2), подставляя которые определяют норму расхода метанола непосредственно на технологический процесс -

Норму расхода метанола на технологический процесс необходимо увеличить на величину потерь $\Delta g''_м$, которая складывается из:

I. потерь на неравномерность подачи, величина которых по опытно-статистическим данным составляет порядка 0,05I7 кг/I000м^3 газа;

2. потерь от утечек, величина которых по данным проектных и исследовательских организаций составляет порядка 0,0I0 кг/I000 м^3;.

3. потерь от испарения в резервуарах, величина которых по опытно-статистическим данным составляет порядка 0,003 кг/I000 м^3.

Таким образом, общая норма расхода метанола:

$$g_м = g'_м + \Delta g''_м$$

Нормы расхода метанола должны рассчитываться отдельно для каждого объекта или для группы объектов (если возможно группирование объектов). Средние нормы по производственным единицам или объединениям формируются как средневзвешенные по индивидуальным нормам для отдельных объектов:

$$G_м = \frac{\sum_{i}^{n} g_{мi} Q_i}{\sum_{i}^{n} Q} \qquad (8)$$

где $G_м$ - норма расхода метанола по предприятию, объединению;

$g_{мi}$ - индивидуальная норма расхода метанола для обработки газа по i -ому объекту или группе объектов;

Q_i - объем обрабатываемого газа по i -ому объекту или группе объектов;

n - количество объектов на предприятии или объединении.

Пример 2.

Определить количество метанола, необходимого для предотвращения гидратообразования в стволе скважины и шлейфе при следующих условиях:пластовое давление Р=200кгс/см^2,пластовая темпе-

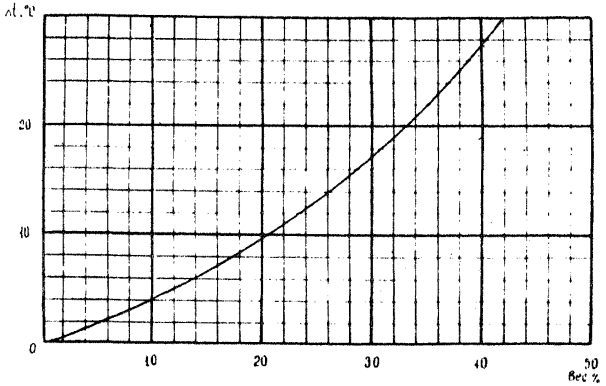


Рис.3. Понижение температуры гидратообразования в зависимости от концентрации метанола

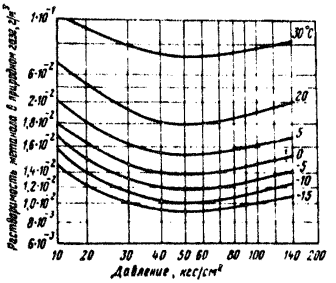


Рис.4. Изменение количества растворенного метанола в углеводородных газах на I% вес.метанола в водном растворе

Таблица 6

№№ п/п	Наименование объекта (скважина, шлейф, технологическая линия, газопровод, месторождение и т.д.)	Место образования гидратов	Относительная плотность газа по воздуху	Давление газа, кгс/см^2		Температура газа, °С		Влагосодержание газа, кг/1000м^3		Температура гидратообразования, $t_{гидр.}$ °С	$t = t_{гидр.}$ °С
				P_1	P_2	t_1	t_2	W_1	W_2		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2

Продолжение таблицы 6

Концентрация метанола, %		Коэффициент,	Норма расхода метанола, л/млн.м^3	Годовой план		Потребность метанола на год, м^3
				Добыча или транспорт газа, млн.м^3	Обработка газа, млн.м^3	
C_1	C_2	α				
I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9

ратура - t_1 = 29°С, давление в сепараторе I ступени - P_2 = I30 кгс/см^2, температура газа в сепараторе I ступени - t_2 = 2°С, дебит скважины Q = 500 тыс.$\frac{м^3}{сут.}$, относительная (по воздуху) плотность газа $\rho_{от}$ = 0,65, концентрация свежего (впрыскиваемого) метанола - 97%.

Решение I. По графику рис.I определяется влагосодержание газа в пластовых условиях W_1 и в сепараторе I ступени W_2

$$W_1 = 0{,}32 \text{ кг/I000 м}^3$$

$$W_2 = 0{,}09 \text{ кг/I000 м}^3$$

2. По графику рис.2 определяется температура гидратообразования при условиях в сепараторе I ступени (при P_2, t_2 и $\rho_{от}$)

$$t_{гидр.} = +20°С$$

3. Определяется по формуле (7) величина понижения равновесной температуры гидратообразования

$$\Delta t = t_{гидр} - t_2 = 20 - 2 = 18°С$$

4. По графику рис.3 определяется весовой процент метанола в жидкой фазе при Δt = I8°С

$$C_2 = 3I\%$$

5. По графику рис.4 для условий в сепараторе I ступени (при P_2 и t_2) определяется величина α, которая равна

$$\alpha = 0{,}0I55 \text{ кг/I000 м}^3$$

6. По формуле (2) определяется норма расхода метанола

$$Q_м = \frac{(W_1 - W_2)}{C_1 - C_2} \cdot C_2 + C_2 \cdot \alpha = \frac{0{,}32 + 0{,}09}{97 - 31} \cdot 31 - 31 \cdot 0{,}0155 =$$

$$= 0{,}590 \text{ кг/1000 м}^3 \text{ газа}$$

7. Из-за неравномерности подачи метанола и растворимости его в углеводородном конденсате, нормативный расход метанола следует устанавливать на I0-20% выше расчетного, что для данного

случая составит

$$g_м \simeq 0{,}7 \text{ кг/I000 м}^3$$

8. На промысле норма расхода метанола удобнее измерять в куб.метрах.

Так как в соответствии с таблицей 3 удельный вес технического 97%-ного метанола равен 0,807 кг/л, то

$$g_м = \frac{0{,}7}{0{,}807} = 0{,}87 \text{ л/I000 м}^3 \text{ газа}$$

9. По формуле (3) определяется суточный расход метанола для данной скважины

$$g_м^{сут} = g_м \cdot Q = 0{,}87 \cdot 500 = 435 \text{ л/сут}$$

Результаты расчета нормы расхода метанола заносятся в таблицу 6.

Пример 3.

Определить количество метанола, необходимого для предотвращения гидратообразования в газопроводе при следующих условиях: начальное давление газа - P_I=50 кгс/см^2, конечное давление газа - P_2 = 20 кгс/см^2, начальная температура газа - t_1 = +25°С, конечная температура газа - t_2 +2 °С, расход газа - Q = I000 тыс. нм^3/сут, относительная плотность газа $\rho_{от}$ = 0,6, концентрация впрыскиваемого метанола - 97%.

Решение I. По графику рис.I определяется влагосодержание газа в начале W_1 и конце газопровода W_2

$$W_1 = 0{,}64 \text{ кг/I000 м}^3$$

$$W_2 = 0{,}33 \text{ кг/I000 м}^3$$

2. По графику рис.2 определяется температура гидратообразования при условиях в конце газопровода

$$t_{\text{гидр.}} = +6,5^{\circ}C$$

3. Определяется по формуле (7) величина понижения равновесной температуры гидратообразования

$$\Delta t_{\text{гидр.}} - t_2 = 6,5 - 2 = 4,5^{\circ}C$$

4. По графику рис.3 определяется весовой процент метанола в жидкой фазе при $\Delta t = +4,5^{\circ}C$

$$C_2 = 10,5\%$$

5. По графику рис.4 для условий в конце газопровода определяется величина α, которая равна

$$\alpha = 0,017 \text{ кг/1000 м}^3$$

6. По формуле (2) определяется норма расхода метанола

$$g_м = \frac{W_1 - W_2}{C_1 - C_2} C_2 + C_2\alpha = \frac{0,64 - 0,33}{97 - 10,5} \cdot 10,5 + 10,5 \cdot 0,017 =$$

$$= 0,216 \text{ кг/1000 м}^3 \text{ газа}$$

7. С учетом 20% запаса нормы расхода метанола

$$g_м = 0,259 \text{ кг/1000 м}^3 \text{ газа}$$

8. Пересчитывается норма расхода метанола из килограмм в куб.метры, при удельном весе технического 97%-ного метанола (см. таблицу 3), равном 0,807 кг/л

$$g_м = \frac{0,259}{0,807} = 0,32I \text{ л/1000 м}^3\text{газа}$$

9. По формуле (3) определяется суточный расход метанола для данного газопровода

$$q_м^{сут} = q_м \cdot Q = 0{,}32I \cdot I000 = 32I \text{ л/сутки}$$

Результаты расчета нормы расхода метанола заносятся в таблицу 6.

ОНТИ ВНИИ - 1979 г.
Зак.№ 320 , тираж- 50 экз.

gost.e-ecolog.ru