НПО «Пожарная автоматика сервис»

СОГЛАСОВАНО

Начальник ФГУ
ВНИИПО МЧС России

_____/ Н.П. Копылов/
" " _____2009 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «НПО Пожарная автоматика сервис»

_____/С.С. Пустынников/
" " _____2009 г.

МЕТОДИКА
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
УСТАНОВОК ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

ПАС 725.00.000. РР

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 3
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3
3. ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ 4
4. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ 6
5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТВ ПО НЕСКОЛЬКИМ ЗАЩИЩАЕМЫМ ОБЪЕМАМ ..9
Приложение 1 10
Приложение 2 11
Приложение 3 13

Настоящая МЕТОДИКА предназначена для гидравлических расчетов трубопроводов и насадков в проектах установок газового пожаротушения с применением модулей газового пожаротушения, изготавливаемых ООО «НПО Пожарная автоматика сервис».

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. В настоящих нормах применяют следующие термины:

Термины	Определения
ГОТВ	Газовое огнетушащее вещество
Диктующий насадок	Насадок на трубопроводной разводке, перед которым наибольшее или наименьшее давление ГОТВ
Масса ГОТВ	Расчетное значение массы ГОТВ для создания в защищаемом помещении нормативной огнетушащей концентрации (без учета запасов на утечку из баллонов, остатков в баллонах и трубопроводах)
Рядок	Трубопровод, на котором расположены насадки
Распределительный трубопровод	Трубопровод между магистральным трубопроводом и рядками
Магистральный трубопровод	Трубопровод от распределительного устройства или от батареи (модуля), если распределительного устройства нет, до точки первого разветвления
Станционный коллектор	Трубопровод от батареи до распределительного устройства
Сбалансированная схема трубопроводной разводки	Схема трубопроводной разводки, в которой величины гидравлических параметров каждого насадка отличаются друг от друга не более чем на 10 %

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Исходными данными для гидравлического расчета установок газового пожаротушения (далее - установок) являются:
- схема разводки трубопроводов с указанием количества модулей газового пожаротушения, распределительных устройств и насадков;
- длины участков трубопроводов;
- масса ГОТВ, необходимая для тушения в защищаемом помещении;
- нормативное время подачи ГОТВ.

2.2. При проектировании разводки трубопроводов в установке рекомендуется использовать симметричные или сбалансированные схемы.

2.3. Сведения о типах ГОТВ, нормах заправки и давлениях наддува, представлены в Приложении 1.

2.4. Расчетная температура выпуска ГОТВ из баллонов (средняя температура эксплуатации баллонов) - 20 ^{o}C.

2.5. Гидравлический расчет включает в себя два этапа.
- на первом, проектном, этапе выполняется предварительный расчет диаметров трубопроводов и насадков;
- на втором этапе, поверочном, расчетным путем оценивается соответствие трубной разводки нормативному требованию по продолжительности подачи ГОТВ. При необходимости геометрические параметры трубной разводки корректируются и повторяется поверочный расчет. Методом последовательных приближений определяется окончательные диаметры трубопроводов и насадков.

3. ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ

3.1. Определяется требуемый массовый расход ГОТВ, *G*, кг/с:

$$G = 0{,}95 \cdot \frac{M}{\tau}, \qquad (1)$$

где M - масса ГОТВ для тушения в защищаемом помещении, кг

τ - нормативная продолжительность подачи ГОТВ, с.

0,95 - коэффициент в соответствии с п. 8.7.3 СП 5.13130.2009

3.2. Определяется суммарная площадь выпускных отверстий насадков, *Fн*, м2:

$$F_н = \frac{G}{\mu \cdot J}, \qquad (2)$$

где μ - коэффициент расхода насадка, для многоструйных насадков, как правило, равен 0,6-0,7;

J - начальное значение приведенного массового расхода ГОТВ, кг/(с·м^2), выбираемого по Приложению 1.

3.3. Определяется расчетная суммарная площадь сечения выпускных отверстий одного насадка, f:

$$f = \frac{F_н}{N}, \qquad (3)$$

где N – число насадков в защищаемом помещении.

По расчетному значению f выбирается насадок из каталога предприятия-изготовителя. Выбор производится по ближайшему большему значению площади выпускных отверстий f_c насадка.

3.4. Диаметры трубопроводов (станционного коллектора, магистрального, распределительного, рядка) рассчитываются их условия геометрического баланса площадей. Для установок с ГОТВ типа хладоны площади всех трубопроводов можно принимать одинаковыми. Для систем с СО2 площади трубопроводов рекомендуется уменьшать от станционного коллектора к насадкам с коэффициентом 0,95±0,05.

3.5. Определяется диаметр рядка, Dрд, м:

$$D_{рд} \geq K_{рд}\sqrt{\frac{4 \cdot n_н \cdot f_c}{\pi}}, \qquad (4)$$

где $n_н$ - число насадков на рядке;

$K_{рд}$ - коэффициент, выбираемый равным 1,0÷1,1 для установок с хладоном и 1,1÷1,25 для установок с СО2

3.6. Определяется диаметр распределительного трубопровода, Dрс, м:

$$D_{рс} \geq D_{рд}\sqrt{n_{рд}}\ , \qquad (5)$$

где $n_{рд}$ – число рядков, присоединенных к распределительному трубопроводу.

3.7. Определяется диаметр магистрального трубопровода, Dм, м:

$$D_{м} \geq D_{рс}\sqrt{n_{рс}}\ , \qquad (6)$$

где $D_{м}$- диаметр магистрального трубопровода, м;

$n_{рс}$ – число распределительных трубопроводов.

3.8. Диаметр станционного коллектора определяется из условия, Dск, м:

$$D_{ск} \geq D_{м},$$

при этом

$$D_{СК} \leq D_{ЗПУ}\sqrt{n_{м}}\ , \qquad (7)$$

где $D_{ЗПУ}$ – условный диаметр запорно-пускового устройства, м;

$n_{м}$ – число одновременно запускаемых модулей пожаротушения;

3.9. По рассчитанным значениям диаметров подбираются трубопроводы из каталогов предприятий-изготовителей, как правило, имеющие ближайшее большее значение внутреннего диаметра.

3.10. Суммарная вместимость трубной разводки не должна превышать 80% объема жидкой фазы хранимого в модулях количества ГОТВ.

3.11. В установке централизованного типа следует учитывать, что станционный коллектор является общим для всех направлений пожаротушения и его следует подбирать для направления с наибольшим количеством модулей.

4. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

4.1. В поверочном расчете определяется пропускная способность выбранной разводки трубопроводов. Находится решение система 2-х уравнений и определяется приведенный массовый расход J (точка пересечения двух кривых). Указанная система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} J = f(Y) \\ J = K\sqrt{Y} \end{cases}, \qquad (8)$$

где $J=f(Y)$- функция, заданная в графическом (Приложение 2) или, для удобства, в табличном (Приложение 3) виде;

Y – термодинамический параметр, характеризующий тип ГОТВ и условия хранения его в модуле. Для построения графика второй функции параметр Y задается подстановкой значений из диапазона, соответствующего первой функции;

K – коэффициент, характеризующей геометрические размеры разводки трубопроводов с насадками, вычисляется по формуле:

$$K = \frac{1}{\mu \cdot f_c \cdot \sqrt{A_{cp}}}, \qquad (9)$$

где A_{cp} – средний геометрический параметр разводки трубопроводов, определяется по формуле:

$$A_{cp} = \frac{(A_1 + A_2 + ... + A_k)}{k}, \qquad (10)$$

где $A_1, A_2, ..., A_к$ – геометрический параметр, рассчитываемый для каждого насадка в помещении по формуле:

$$A_l = 8{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot K_э^{\,0,25} \cdot \left(\frac{N_i^2 L_{эм}}{D_м^{\,5,25}} + 1{,}1 \sum_{j=1}^{l} \frac{n_j^2 L_j}{D_j^{\,5,25}} \right), (l = 1,\ldots,k), \qquad (11)$$

где $K_э$ – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопроводов, для не новых стальных трубопроводов обычно принимается равной 0,0002 м;

N – число насадков в помещении;

D_j, L_j – внутренний диаметр и эквивалентная длина j–го участка, м;

n_j – число насадков, питаемых по j–му участку;

k – число участков;

$L_{эм}$ – эквивалентная длина магистрального трубопровода, м, определяется по формуле:

$$L_{эм} = L_м + L_{сб} + L_{ск} + L_{ру} + L_{мс}, \qquad (12)$$

где $L_м$ – геометрическая длина магистрального трубопровода, м;

$L_{сб}$ – эквивалентная длина сборки модулей (батареи), м, приведенная к диаметру магистрального трубопровода $D_м$;

$L_{ру}$ – эквивалентная длина распределительного устройства, м, приведенная к $D_м$;

$L_{ск}$ – эквивалентная длина станционного коллектора, м, приведенная к $D_м$;

$L_{мс}$ – сумма эквивалентных длин местных сопротивлений на магистральном трубопроводе, м.

4.2. Приведение эквивалентной длины элемента (модуль пожаротушения, сборка модулей, клапан, распределительное устройство, станционный коллектор, местное сопротивление) к диаметру магистрального трубопровода *Dм*, производится по формуле:

$$L_{ПЭЛ} = L_{ЭЛ}\left(D_М / D_{ЭЛ}\right)^{5,25}, \qquad (13)$$

где $L_{ПЭЛ}$ – приведенная к *Dм* эквивалентная длина элемента, м;

$L_{ЭЛ}$ – эквивалентная длина элемента, м, определяемая по технической документации или справочной литературе;

$D_{ЭЛ}$ – диаметр условного прохода элемента, м.

Эквивалентная длина участка трубопровода (коллектора) в общем случае определяется как сумма геометрической длины участка и эквивалентных длин местных сопротивлений на этом участке.

Эквивалентная длина местного сопротивления Lмс на трубопроводе определяются по формуле:

$$L_{мс} = 76{,}4\xi_{мс} \cdot D_{мс}^{1,25}, \qquad (14)$$

где $\xi_{мс}$ – коэффициент гидравлического сопротивления элемента трубопровода (клапан, поворот, тройник, расширение, сужение и др.) определяемый по справочной литературе;

$D_{мс}$ – диаметр трубопровода, м.

При наличии на магистральном трубопроводе вертикальных участков подъема (опускания) трубопровода возникают дополнительные потери (компенсация потерь) из-за гидростатического напора ГОТВ. Потери при перепаде высот можно учесть по формуле (13), при этом коэффициент гидравлического сопротивления для вертикального участка $\xi_в$ определяется:

$$\xi_в = g \cdot \left(\frac{\rho}{J}\right)^2 \cdot \frac{\Delta H}{\mu^2} = C(p) \cdot \frac{\Delta H}{\mu^2}, \qquad (15)$$

где ρ – средняя плотность ГОТВ в вертикальном участке трубопровода, кг/м^3;

J- средний приведенный массовый расход ГОТВ в вертикальном участке трубопровода, кг/с·м^2;

g- ускорение свободного падения, 9,8 м/с^2;

ΔH – перепад высот трубопровода, м;

$C(p)$- функция, зависящая от давления в трубопроводе.

В упрощенном виде, учитывая, что вертикальные стояки, как правило, находятся на магистральном трубопроводе, значение функции $C(p)$ можно принять за постоянную величину, значение которой выбирается в зависимости от типа ГОТВ (Приложение 1).

Эквивалентная длина нескольких соединенных параллельно элементов (модулей, батарей, клапанов, трубопроводов) с одинаковой эквивалентной длиной, определяется по формуле:

$$L_П = \frac{L_{ЭЛ}}{n_{ЭЛ}^2}, \qquad (16)$$

где $L_{ЭЛ}$ - эквивалентная длина одинаковых элементов, соединенных параллельно, м;

$n_{ЭЛ,}$ – число одинаковых элементов.

Эквивалентная длина двух соединенных параллельно элементов с различной эквивалентной длиной, определяется по формуле:

$$L_n = \frac{L_{ЭЛ,1} \cdot L_{ЭЛ,2}}{\left(\sqrt{L_{ЭЛ,1}} + \sqrt{L_{ЭЛ,2}}\right)^2} \qquad (17)$$

где $L_{эл,1}, L_{эл,2}$ – эквивалентные длины первого и второго элементов, соответственно, м;

4.3. По найденному значению приведенного массового расхода J (8) определяется расчетное время выпуска ГОТВ τ_p установки:

$$\tau_p = \frac{0{,}95 \cdot M_i}{J \cdot \mu \cdot f_c \cdot N_н} \qquad (18)$$

4.4. Если расчетное время превышает нормативное значение, необходимо увеличить диаметры насадков и труб или сократить расстояние между станцией пожаротушения и защищаемым помещением или уменьшить коэффициент загрузки модулей огнетушащим газом, увеличив их количество.

4.5. Для симметричной схемы трубопроводов средний геометрический параметр разводки, определяется по формуле:

$$A_{ср} = \frac{A_1 + A_2}{2}, \qquad (19)$$

где A_1, A_2 – геометрические параметры для диктующих насадков, давление перед которыми является наибольшим и наименьшим.

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОТВ ПО НЕСКОЛЬКИМ ЗАЩИЩАЕМЫМ ОБЪЕМАМ

5.1. Для случая одновременной подачи ГОТВ в несколько объемов (например, в объем за подвесным потолком и в комнату) по единой трубопроводной разводке гидравлический расчет установки выполняют следующим образом.

Рассчитывают установку для тушения единого суммарного объема. Затем за счет подбора площадей проходных сечений насадков или количества насадков добиваются требуемого распределения ГОТВ по объемам исходя из условии:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1}{M_2}, \qquad (20)$$

где F_1, F_2 – суммарная площадь проходных сечений насадков, расположенных соответственно в первом и втором объемах;

M_1, M_2 – масса ГОТВ, необходимая для тушения соответственно в первом и втором объемах.

5.2. Для случая одновременной подачи ГОТВ из одной батареи в несколько объемов (например, в объем под фальшполом и в комнату) по раздельным трубопроводам гидравлический расчет установки выполняют следующим образом.

Установку рассчитывают отдельно для каждого направления (как централизованную). Диаметры трубопроводов и площади проходных сечений насадков в направлениях подбирают таким образом, чтобы времена подачи масс ГОТВ, требуемых для тушения в разных направлениях, были одинаковы.

Приложение 1

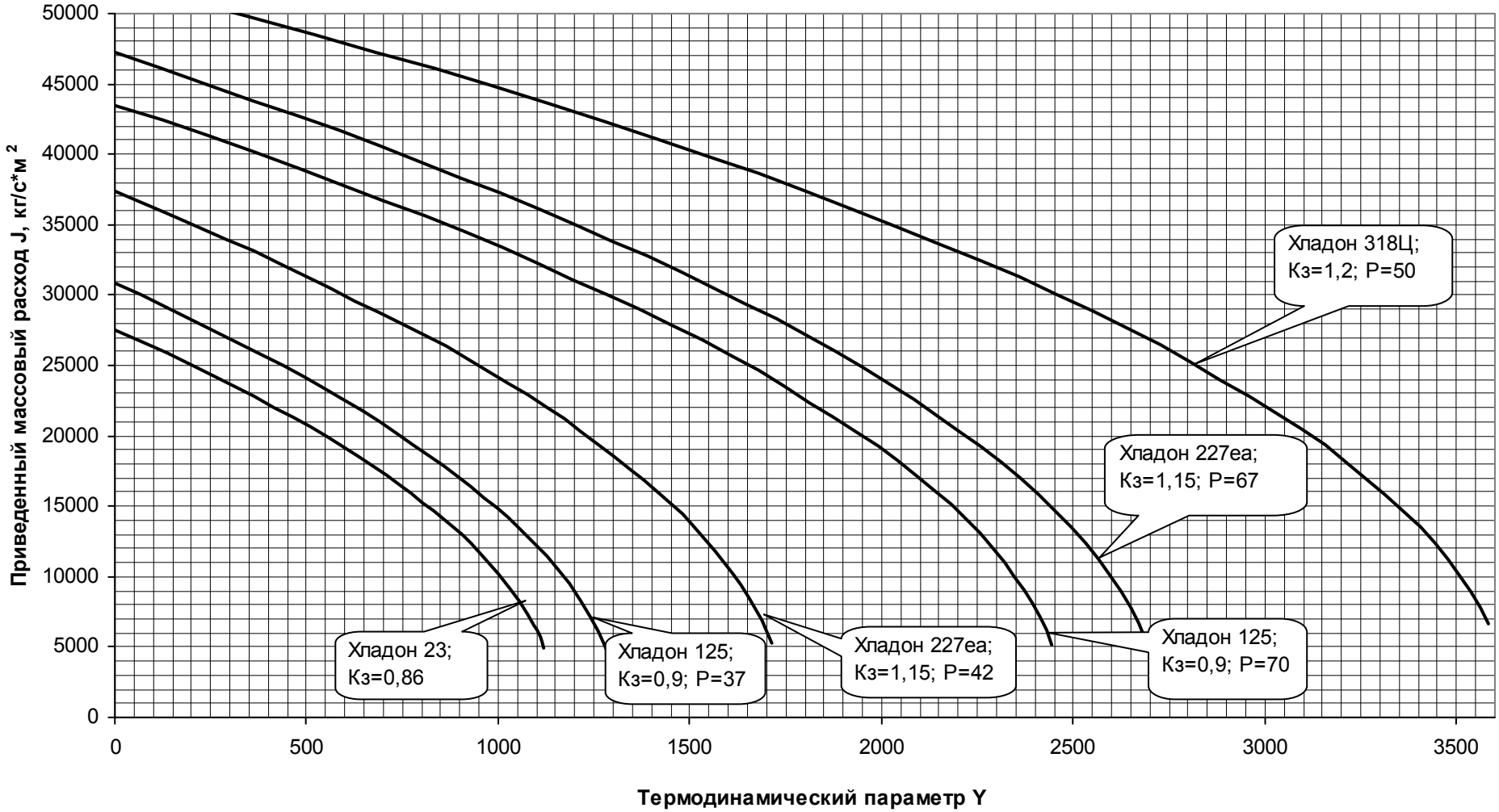
Типы ГОТВ, нормы заправки, давления наддува, ориентировочные начальные минимальные значения приведенного массового расхода ***J*** (формула 2), значения функции С(р) (формула 15) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование ГОТВ	Коэффициент заполнения ГОТВ, кг/л	Давление газа-вытеснителя при температуре 20 °С, бар		Начальное значение приведенного массового расхода, J, кг/(с·м^2)	Усредненное значение функции С(р)
		Модули типа МПГ 60	Модули типа МПГ 150		
Хладон 125	0,9	37	-	10000±1000	0,0145
Хладон 125	0,9	-	70	7000±1000	0,007
Хладон 227еа	1,15	42	-	11000±1000	0,015
Хладон 227еа	1,15	-	67	9000±1000	0,009
Хладон 318Ц	1,2	50	-	13500±1000	0,01
Хладон 23	0,86	-	+	7500±1000	0,008
Элегаз SF6	1,05	29	-	7000±1000	0,027
СО2 высокого давления	0,7	-	+	6500±1000	0,0045

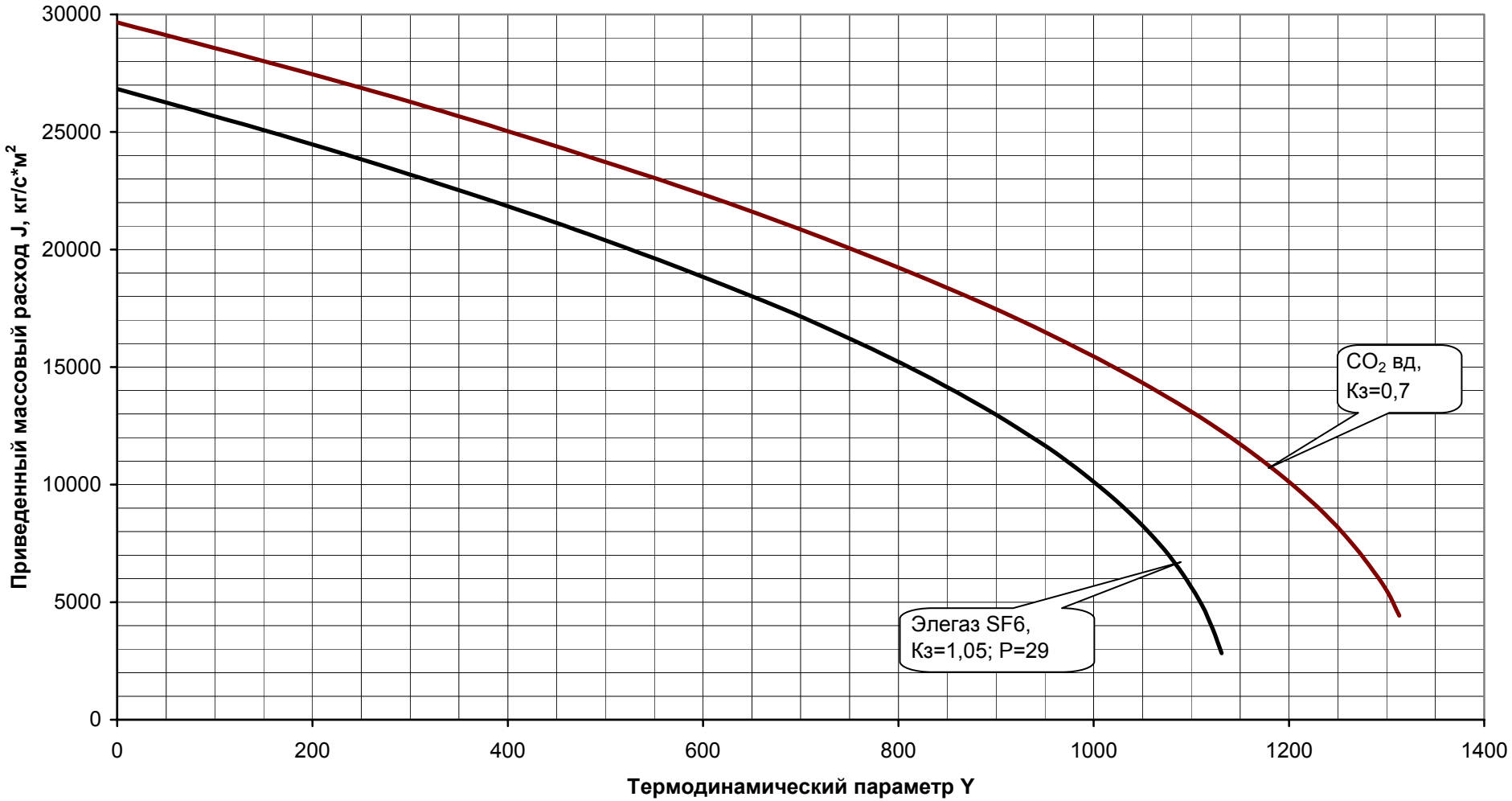
Приложение 2

Графики функций J =f(Y) для хладонов при различных условиях хранения в модулях МПГ



Примечание. Кз - коэффициента загрузки, кг/л; Р - давление наддува модуля МПГ, бар, при 20 ^{o}С.

Графики функций J =f(Y) для CO_2 и Элегаза при различных условия хранения



Примечание. Кз - коэффициента загрузки, кг/л; Р - давление наддува модуля МПГ, бар, при 20 оС.

Приложение 3

Табличное представление функций J=f(Y) и данные по давлению в трубопроводе показаны в таблицах 2-9

Таблица 2

Хладон 125; Кз=0,9; Рнад=37		
P, МПа	Y	J
2,693	0	30794
2,577	135	29107
2,462	262	27438
2,346	381	25787
2,231	493	24156
2,116	596	22548
2,000	691	20965
1,885	778	19408
1,769	858	17881
1,654	930	16386
1,539	995	14926
1,423	1052	13505
1,308	1102	12125
1,192	1146	10791
1,077	1184	9508
0,962	1215	8280
0,846	1242	7116
0,731	1263	6023
0,615	1279	5015
0,500	1292	4117

Таблица 3

Хладон 125; Кз=0,9; Рнад=70		
P, МПа	Y	J
4,661	0	43511
4,442	247	41235
4,223	481	38969
4,004	702	36714
3,785	910	34472
3,566	1104	32244
3,347	1285	30030
3,128	1453	27834
2,909	1607	25655
2,690	1748	23496
2,471	1875	21359
2,252	1990	19244
2,033	2091	17154
1,814	2180	15090
1,595	2256	13053
1,376	2320	11046
1,157	2373	9070
0,938	2414	7126
0,719	2445	5218
0,500	2466	3346

Таблица 4

Хладон 227еа; Кз=1,15; Рнад=42		
P, МПа	Y	J
2,590	0	37405
2,480	148	35695
2,370	292	33983
2,260	430	32268
2,150	562	30553
2,040	687	28838
1,930	807	27123
1,820	920	25410
1,710	1026	23698
1,600	1125	21990
1,490	1217	20284
1,380	1301	18584
1,270	1378	16888
1,160	1448	15199
1,050	1511	13516
0,940	1566	11842
0,830	1613	10176
0,720	1654	8521
0,610	1687	6877
0,500	1712	5246

Таблица 5

Хладон 227еа; Кз=1,15; Рнад=67		
P, МПа	Y	J
3,931	0	47197
3,750	240	44994
3,569	471	42783
3,389	692	40565
3,208	904	38341
3,028	1105	36109
2,847	1296	33872
2,667	1476	31628
2,486	1645	29379
2,306	1803	27125
2,125	1949	24866
1,944	2083	22603
1,764	2205	20335
1,583	2314	18064
1,403	2411	15789
1,222	2495	13512
1,042	2567	11233
0,861	2626	8953
0,681	2671	6672
0,500	2704	4395

Таблица 6

Хладон 318Ц; Кз=1,2; Рнад=50		
P, МПа	Y	J
2,898	0	52343
2,772	349	49809
2,646	678	47289
2,519	988	44783
2,393	1279	42292
2,267	1551	39815
2,141	1804	37353
2,015	2040	34904
1,888	2257	32470
1,762	2458	30050
1,636	2641	27645
1,51	2808	25253
1,384	2958	22876
1,257	3093	20513
1,131	3212	18165
1,005	3315	15831
0,879	3404	13512
0,752	3478	11207
0,626	3538	8918
0,5	3584	6646

Таблица 7

Хладон 23; Кз=0,86		
P, МПа	Y	J
3,547	0	27508
3,387	133	25900
3,226	254	24337
3,066	364	22822
2,906	464	21352
2,745	554	19929
2,585	635	18553
2,424	708	17222
2,264	773	15938
2,104	831	14700
1,943	882	13508
1,783	927	12363
1,623	966	11264
1,462	1000	10213
1,302	1030	9209
1,141	1055	8255
0,981	1076	7357
0,821	1093	6542
0,660	1108	5787
0,500	1120	4965

Таблица 8

Элегаз SF6; Кз=1,05; Рнад=29		
P, МПа	Y	J
2,450	0	26830
2,347	150	25076
2,244	284	23401
2,142	403	21802
2,039	508	20276
1,936	601	18820
1,834	684	17429
1,731	756	16099
1,629	819	14824
1,526	874	13597
1,423	922	12413
1,321	964	11266
1,218	999	10151
1,116	1030	9061
1,013	1056	7992
0,910	1078	6940
0,808	1096	5901
0,705	1111	4872
0,603	1122	3849
0,500	1131	2831

Таблица 9

CO2 высокого давления; Кз=0,7		
P, МПа	Y	J
4,437	0	29656
4,246	157	27943
4,054	300	26283
3,863	428	24675
3,671	545	23118
3,480	650	21611
3,288	744	20151
3,097	829	18737
2,906	905	17366
2,714	972	16037
2,523	1032	14746
2,331	1085	13491
2,140	1131	12269
1,949	1171	11078
1,757	1206	9916
1,566	1236	8779
1,374	1261	7664
1,183	1282	6571
0,991	1300	5495
0,800	1313	4434

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов в документе	Примечание	Подпись	Дата
	изме-ненных	заменен-ных	новых	аннули-рованных				
1	4	-	-	-	17	Исправлена формула (4)		02.12.09
2	6, 7	-	-	-	17	Исправлены формулы (9) и (13)		02.03.10