

Методика определения уровня взрывоопасности компрессорного агрегата холодильной установки

М.Е. АНУФРИЕВ
ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг»

При определении уровня взрывоопасности аммиачных холодильных установок их необходимо рассматривать как совокупность технологических блоков (рециркуляторы, испарители, компрессорный агрегат и т. д.).

По правилам [3, пункт 2] расчет относительного энергетического потенциала взрывоопасности технологических блоков должен производиться в соответствии с Общими правилами [2]. Методика определения уровня взрывоопасности технологических блоков аммиачных систем холодоснабжения предложена в статье [1]. В качестве опасных технологических блоков в ней рассматриваются ресиверы разного назначения, аппараты и сосуды. Однако методика для определения уровня взрывоопасности блока «компрессорный агрегат» не приводится, что не дает возможности определить категорию пожаровзрывоопасности помещения машинного отделения в соответствии с Правилами НПБ 105–95. В приложении 1 Правил [4], не распространяющихся на холодильные установки, дана методика расчета относительного энергетического потенциала поршневого компрессорного агрегата для сжатия

По этой методике отключение блока «компрессорный агрегат» при аварийной разгерметизации производится закрытием запорного клапана на всасывании, что неприемлемо для холодильного компрессорного агрегата. В соответствии с п. 8.3.2 [3] аммиачное оборудование должно автоматически отключаться при превышении концентрации аммиака в машинном отделении 500 мг/м³. Закрытие запорного клапана является второй стадией алгоритма отключения блока от системы.

В настоящей статье предлагается методика определения уровня взрывоопасности по относительному энергетическому потенциалу технологического блока «компрессорный агрегат» аммиачной холодильной установки.

При анализе процесса аварийной разгерметизации этого блока следует исходить из следующих предпосылок:

- максимальное количество паров хладагента выходит из агрегата наружу при разрыве нагнетательного трубопровода;
 - пары хладагента поступают в агрегат только со стороны испа-

рительной системы, поступление паров хладагента со стороны нагнетания из-за наличия обратного клапана не учитывается;

- выход паров хладагента из компрессорного агрегата наружу осуществляется в два последовательных этапа:

I этап – с момента разрыва трубопровода до автоматической остановки компрессора. Продолжительность этапа $\tau_1 = 60$ с;

II этап – закрытие запорной задвижки на всасывании. Время τ_{II} для ручного привода 300 с, для электрозадвижки – 120 с.

Общий энергетический потен-

A technique for the determination of the level explosion hazard of a refrigerating plant compressor unit by relative power potential has been offered. A Table is presented with the help of which by relative power potential of the unit the class of explosive hazard is determined.

циал взрывоопасности E (кДж) блока при его аварийной разгерметизации определяется полной энергией сгорания и энергией адиабатического расширения паров хладагента, выходящих из агрегата [1]:

$$E = Gq + A, \quad (1)$$

где G – общее количество паров хладагента, вышедших из агрегата при аварийной разгерметизации блока, кг;

q – удельная теплота сгорания паров хладагента, кДж/кг (для аммиака – 18631,26 кДж/кг);

A – энергия адиабатического расширения паров хладагента, кДж.

Общее количество паров хлад-
гента (кг)

где G_1 – количество паров хладагента, поступивших из всасывающего коллектора при работе компрессора за время $t_1 = 60$ с:

G_{II} — количество паров хладагента, поступивших из всасывающего коллектора при закрытии запорной задвижки на всасывании за время τ_{II} ;

G_{III} – количество паров хладагента, содержащихся в нагнетательной полости.

Количество паров (кг), поступивших из всасывающего коллектора за время τ_1 ,

где V_h – теоретическая объемная производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{s}$;

λ – коэффициент подачи компрессора (определяется степенью сжатия p_k/p_o);

v_{II} – удельный объем паров хладагента на всасывании (по $i-p$ -диаграмме для цикла холодильной машины при работе в регламентированном режиме), $\text{м}^3/\text{кг}$.

Количество паров (кг), поступивших из всасывающего коллектора за время τ_{II} [1]:

$$G_{II} = W S \rho_n \tau_{II}, \quad (4)$$

где W – скорость адиабатического истечения паров хладагента, $\text{м}/\text{с}$;

S – площадь проходного сечения трубопровода, м^2 ;

ρ_n – плотность паров хладагента при регламентированной температуре кипения t_0 , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Скорость адиабатического истечения паров хладагента ($\text{м}/\text{с}$) [1]

$$W = (2g \beta_2 p_{oabc} v_{II})^{0.5}, \quad (5)$$

где g – ускорение свободного падения ($g = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$);

β_2 – коэффициент, равный 1,57 для диапазона давлений 0,07...0,5 МПа [1];

p_{oabc} – регламентированное абсолютное давление всасывания, МПа;

v_{II} – удельный объем паров хладагента на всасывании при p_{oabc} , $\text{м}^3/\text{кг}$.

Количество паров хладагента, содержащихся в нагнетательной полости (кг),

$$G_{III} = [0,785 (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2) + V_1 + V_{II}] / v_{II}, \quad (6)$$

где d_1 и d_2 – внутренние диаметры трубопроводов соответственно между компрессором и маслоотделителем и маслоотделителем и обратным клапаном схемы, м;

l_1 и l_2 – длина трубопроводов, м;

V_1 – рабочая вместимость маслоотделителя агрегата, м^3 ;

V_{II} – рабочая вместимость маслоотделителя схемы, м^3 ;

v_{IIag} – удельный объем паров хладагента на нагнетании компрессора (определяется по $i-p$ -диаграмме для цикла работы холодильной машины при регламентированном давлении конденсации), $\text{м}^3/\text{кг}$.

Энергия адиабатического расширения паров хладагента (кДж)

$$A = A_I + A_{II}, \quad (7)$$

где A_I – энергия адиабатического расширения паров хладагента на первом этапе аварийной разгерметизации блока, кДж;

A_{II} – энергия адиабатического расширения паров хладагента на втором этапе аварийной разгерметизации блока, кДж.

Энергия адиабатического расширения паров хладагента на первом этапе (кДж) [1]

$$A_I = \beta_1 p_{nagn. abs} V_1, \quad (8)$$

где β_1 – коэффициент (для диапазона давлений нагнетания $p_{nagn. abs} = 1...5 \text{ МПа}$ $\beta_1 = 1,97$);

$p_{nagn. abs}$ – регламентированное абсолютное давление нагнетания, МПа;

V_1 – объем паров хладагента, м^3 ;

$$V_1 = (G_I + G_{III}) v_{IIag}. \quad (9)$$

Энергия адиабатического расширения паров хладагента на втором этапе (кДж)

$$A_{II} = \beta_1 p_{oabc} V_{II}, \quad (10)$$

где β_1 – коэффициент (для диапазона давлений $p_{oabc} = 0,07...0,5 \text{ МПа}$ $\beta_1 = 1,21$);

p_{oabc} – регламентированное абсолютное давление всасывания, МПа;

V_{II} – объем паров хладагента, м^3 ;

$$V_{II} = G_{II} v_{II}. \quad (11)$$

При $p_o < 0,07 \text{ МПа}$ и $p_o V_{II} < 0,02 \text{ МПа} \cdot \text{м}^3$ энергию адиабатического расширения A_{II} из-за малых ее значений в расчет не принимают.

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности блока

$$Q_b = E^{1/3} / 16,534. \quad (12)$$

Общая масса (кг) взрывоопасного облака горючей газовой смеси, приведенная к единой удель-

ной энергии сгорания, равной 46000 кДж/кг, составляет

$$M = E/46000. \quad (13)$$

В зависимости от категории взрывоопасности блоки классифицируют следующим образом (см. таблицу).

Категория взрывоопасности	Q_b	$M, \text{кг}$
I	>37	>5000
II	27–37	2000–5000
III	<27	<2000

В соответствии с Правилами [3, пункт 2.1] необходимо принимать проектное решение, обеспечивающее $Q_b < 27$ (III категория взрывоопасности).

В соответствии с [2] при $Q_b \leq 10$ допускается применение:

- запорных устройств с ручным приводом для отключения компрессорного агрегата (п.2.21.3);
- ручного управления запорной арматурой подачи инертного газа (п.2.6);
- ручного регулирования ходоиздатчика (п.2.21.2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коган Б.Н., Латышев В.П., Костина Г.П. Прогнозирование уровня взрывоопасности блока систем хладоснабжения, в которых обращается аммиак // Холодильная техника. 1997. № 2.

2. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств ПБ09-170-97.

3. Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок ПБ09-220-98.

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах ПБ09-297-99.