

УДК 622.691.4.052.006

А.Ф. Калинин, д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;

А.В. Фомин, ООО «Газпром трансгаз Москва»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕМЫЧЕК МЕЖДУ ЦЕХОВЫМИ ГРУППАМИ АВО В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА КС

В результате недозагрузки части технологических участков многониточных магистральных газопроводов группы цеховых аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа загружены неравномерно, а если компрессорный цех не участвует в процессе компримирования, то группа АВО данного цеха и вовсе не участвует в процессе охлаждения природного газа на КС.

Создание и использование перемычек между группами АВО в системе охлаждения КС дает возможность при всех режимах эксплуатации направлять поток природного газа по всем группам цеховых АВО и, соответственно, по всем ниткам газопровода, что приведет к снижению затрат электрической энергии и гидравлических потерь в системе охлаждения КС и на линейном участке МГ [3].

При использовании перемычек между группами цеховых АВО в системе охлаждения включаются в работу АВО цехов, не участвующих в процессе компримирования, тепловая мощность системы охлаждения КС повышается на величину, которая даже в случае работы аппаратов в группе при свободной конвекции составляет

$$\Delta Q_{\text{охл}} = k \cdot Q_{1\text{св}}, \quad (1)$$

где k – число АВО в цеховой группе, включенной в работу за счет создания перемычек; $Q_{1\text{св}}$ – тепловая мощность АВО, работающего при свободной конвекции.

При сохранении режима работы системы охлаждения включение в работу дополнительной группы АВО дает возможность выключить часть вентиляторов в аппаратах. Число вентиляторов, которые можно отключить в системе охлаждения, переводя часть АВО

с режима работы с двумя включенными вентиляторами на режим работы с одним включенным вентилятором, можно оценить по соотношению [1]

$$m = \frac{k \cdot Q_{1\text{св}}}{Q_{12\text{в}} - Q_{11\text{в}}}, \quad (2)$$

где k – число АВО в цеховой группе, включенной в работу за счет создания перемычек; $Q_{1\text{св}}$, $Q_{11\text{в}}$, $Q_{12\text{в}}$ – действительная тепловая мощность АВО, работающих с отключенными вентиляторами, с одним и двумя включенными вентиляторами.

Действительная тепловая мощность АВО зависит от типа аппарата, режима его работы (число включенных вентиляторов) и технического состояния. Тепловая мощность аппаратов воздушного охлаждения определяется в зависимости от максимальной разности температур между природным газом и окружающим воздухом Δt_{max} по соотношениям, полученным в результате обработки эксплуатационных данных и результатов теплотехнических испытаний [1].

В случае если тепловая мощность дополнительной группы АВО $\Delta Q_{\text{охл}} = k \cdot Q_{1\text{св}}$ больше снижения тепловой мощности за счет перевода части АВО с режима работы с двумя включенными вентиляторами на режим работы с одним включенным вентилятором при сохранении режима работы системы охлаждения,

следует часть аппаратов перевести с режима работы с одним включенным вентилятором на режим работы при свободной конвекции

$$n = \frac{k \cdot Q_{1\text{св}} - m \cdot (Q_{12\text{в}} - Q_{11\text{в}})}{Q_{11\text{в}} - Q_{1\text{св}}}. \quad (3)$$

Создание и использование перемычек между цеховыми группами АВО на КС при всех режимах эксплуатации дает возможность повысить энергетическую эффективность работы системы охлаждения природного газа КС за счет повышения тепловой мощности системы охлаждения $\Delta Q_{\text{охл}}$ (кВт) при неизменном числе включенных вентиляторов и снижении падения давления природного газа Δp (кПа) в АВО или при постоянной тепловой мощности системы охлаждения природного газа $Q_{\text{охл}} = \text{idem}$, за счет снижения гидравлического сопротивления системы Δp и числа включенных вентиляторов j [2]

$$E = Q_{\text{охл}} / (j \cdot N_{1\text{в}} + G_{\text{пр}} \cdot \Delta p / \rho_{\text{пр}}), \quad (4)$$

где $G_{\text{пр}}$, $\rho_{\text{пр}}$ – массовый расход и средняя плотность природного газа, проходящего через систему охлаждения КС; $N_{1\text{в}}$ – мощность электропривода одного вентилятора АВО, кВт.

Количественно оценить эффективность использования перемычек между группами цеховых АВО в системе охлажде-

ния природного газа КС МГ предлагается на примере двухцеховой компрессорной станции (рис. 1).

Компрессорные цеха рассматриваемой компрессорной станции оснащены газоперекачивающими агрегатами (ГПА) с газотурбинным и электрическим приводом, а цеховые группы АВО состоят из аппаратов воздушного охлаждения типа 2АВГ-75 (табл. 1).

Сопоставление энергетических затрат в денежном выражении, расходуемых в системе охлаждения двухцеховой компрессорной станции при отсутствии и использовании перемычек между группами цеховых АВО, проводилось для 31 среднесуточного режима работы

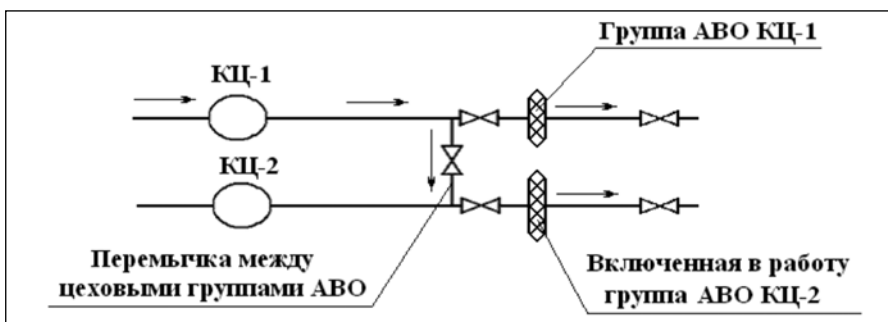


Рис. 1. Принципиальная схема двухцеховой КС при работе одного компрессорного цеха (КЦ-1) и использовании перемычки между цеховыми группами АВО

Таблица 1. Оборудование цехов рассматриваемой КС

Номер цеха	Число ГПА	Тип ГПА	Тип нагнетателя	Число АВО в группе	Тип АВО
КЦ-1	5	ГПА-Ц-16	НЦ-16/76-1,44	14	2АВГ-75
КЦ-2	8	СТД-12500	235-21-1	16	2АВГ-75

Таблица 2. Характеристики рассматриваемых режимов работы КС

Режим работы	Коммерческий расход природного газа через цеховые системы компримирования $Q_{комг}$ млн. м ³ /сут.		Среднесуточная температура атмосферного воздуха $t_{оср}$, °С	Разность температур между температурой природного газа на входе в АВО и температурой атмосферного воздуха Δt_{max} , °С	Температура природного газа на выходе системы охлаждения t''_{2r} , °С
	КЦ-1	КЦ-2			
1	125,9	-	27,4	9,1	34,8
2	122,6	-	26,7	10,1	35,2
3	120,0	-	26,1	10,8	34,9
4	130,4	-	22,5	14,8	34,9
5	118,0	-	20,0	17,2	34,9
6	130,4	-	17,9	21,6	35,8
7	130,4	-	19,1	20,8	36,4
8	133,2	9,2	22,8	17,2	37,2
9	104,2	36,1	24,2	16,5	38,0
10	88,6	34,9	22,4	16,0	35,5
11	72,8	36,1	24,0	14,6	35,2
12	75,4	-	23,0	14,9	34,4
13	75,7	-	20,3	17,3	33,5
14	79,5	-	21,5	15,6	33,5
15	34,4	-	17,6	19,4	28,4
16	68,6	-	19,1	16,9	27,6
17	56,3	35,6	17,0	18,7	24,2
18	62,5	35,1	15,7	21,0	25,9
19	55,8	35,0	13,3	23,2	31,7
20	61,4	34,5	13,0	22,2	32,0
21	131,0	34,7	10,4	34,8	36,4
22	130,0	34,9	12,9	31,4	35,9
23	125,0	34,3	12,6	31,9	35,9
24	129,0	34,1	8,7	35,3	34,7
25	125,0	33,3	8,6	35,0	35,0
26	149,0	22,1	9,1	35,0	34,6
27	129,0	32,4	8,5	34,9	33,6
28	104,4	35,2	9,0	29,9	29,0
29	100,0	35,3	9,4	28,1	28,5
30	98,4	34,5	10,4	25,6	27,8
31	92,3	35,0	12,3	24,5	28,8

Таблица 3. Характеристики работы системы охлаждения рассматриваемой КС при отсутствии и использовании перемычек между группами цеховых АВО

Режим работы	Тепловая мощность системы охлаждения КС $Q_{\text{охл}}$, кВт	При отсутствии перемычек между группами цеховых АВО			При использовании перемычек между группами цеховых АВО			Число выключенных вентиляторов при переходе на режим работы КС с использованием перемычек Δi	Суточная экономия электрической энергии в системе охлаждения КС $\Delta C_{\text{охл}}$, руб./сут.
		$Q_{\text{охл}}(\text{КЦ-1})$, кВт	$Q_{\text{охл}}(\text{КЦ-2})$, кВт	Число работающих вентиляторов i_1	$Q_{\text{охл}}(\text{КЦ-1})$, кВт	$Q_{\text{охл}}(\text{КЦ-2})$, кВт	Число работающих вентиляторов i_2		
1.	3985	3985	-	7	2059	1926	2	5	8880
2.	4461	4461	-	8	2286	2176	2	6	10 656
3.	6880	6880	-	12	4654	2226	7	5	8880
4.	7862	7862	-	10	4561	3301	4	6	10 656
5.	7819	7819	-	8	3892	3926	2	6	10 656
6.	11 458	11 458	-	9	6656	4802	4	5	8880
7.	11 286	11 286	-	10	6409	4877	4	6	10 656
8.	9151	9054	98	10	5300	3851	4	6	10 656
9.	8636	8406	229	9	5084	3551	4	5	8880
10.	8832	7800	1031	9	4930	3901	4	5	8880
11.	7975	7519	456	9	4499	3476	4	5	8880
12.	8168	8168	-	10	4591	3576	4	6	10 656
13.	9607	9607	-	10	5331	4276	4	6	10 656
14.	8683	8683	-	10	4807	3876	4	6	10 656
15.	26 798	26 798	-	28	13 123	13 674	26	2	3552
16.	23 961	23 961	-	28	11 432	12 529	26	2	3552
17.	21 766	15 799	5967	20	12 650	9116	19	1	1776
18.	24 066	20 124	3941	20	14 206	9860	19	1	1776
19.	21 796	19 870	1926	17	15 694	6102	13	4	7104
20.	9109	7139	1970	5	3207	5902	-	5	8880
21.	39 596	31 854	7741	20	19 268	20 327	19	1	1776
22.	35 766	28 640	7126	20	17 386	18 380	19	1	1776
23.	36 158	29 019	7139	20	17 663	18 495	19	1	1776
24.	40 044	32 530	7514	20	19 545	20 499	19	1	1776
25.	39 649	31 881	7768	20	19 379	20 270	19	1	1776
26.	39 649	34 221	5428	22	19 379	20 270	19	3	5328
27.	39 651	31 836	7815	20	19 324	20 327	19	1	1776
28.	34 249	26 584	7665	20	16 555	17 693	19	1	1776
29.	31 992	25 103	6889	20	15 559	16 433	19	1	1776
30.	28 031	23 156	4875	20	14 175	13 857	19	1	1776
31.	27 995	21 567	6428	20	13 565	14 429	19	1	1776

КС за один месяц эксплуатации станции при изменении коммерческого расхода газа через КС $Q_{\text{ком}}$ от 34,4 до 171,1 млн. м³/сут. и температуры окружающего воздуха t_{oc} от 8,5 до 27,4 °С. (табл. 2). Анализ рассматриваемых режимов работы компрессорных цехов КС показывает, что при отсутствии перемычек между цеховыми группами АВО аппараты воздушного охлаждения природного газа второго цеха либо работают с меньшей тепловой нагрузкой, либо вовсе

не участвуют в процессе охлаждения газа, что существенно снижает эффективность работы системы охлаждения станции в целом. Использование перемычек между цеховыми группами АВО при условии сохранения температуры природного газа на выходе из системы охлаждения КС t''_2 и, соответственно, требуемой тепловой мощности системы охлаждения станции $Q_{\text{охл}}$, дает возможность перераспределить нагрузку между группами АВО, вы-

ключив часть вентиляторов в аппаратах первого цеха (табл. 3). Тепловая мощность цеховых групп АВО и всей системы охлаждения технологического газа на КС находится по формуле [1, 3]

$$Q_{\text{охл}} = G_{\text{пр}} \cdot c_{\text{рм}} (t'_2 - t''_2), \quad (5)$$

где $G_{\text{пр}}$ – массовый расход природного газа; $c_{\text{рм}}$ – изобарная теплоемкость природного газа; t'_2, t''_2 – температура

природного газа на входе и выходе системы охлаждения. Экономия суточного расхода электроэнергии в денежном выражении в системе охлаждения природного газа на рассматриваемой КС за счет выключения части вентиляторов при использовании перемычек между цеховыми группами АВО может быть определена по соотношению

$$\Delta C_{\text{охл}} = 24 \cdot c_{\text{э31}} \cdot \Delta i \cdot N_{1в}, \quad (6)$$

где $c_{\text{э31}}$ – цена на электрическую энергию на рассматриваемой КС, $c_{\text{э31}} = 2$ руб./кВт·час; Δi – число выключенных вентиляторов АВО при перехо-

де с режима работы КС при отсутствии перемычки между цеховыми группами АВО на режим работы с установкой и использованием перемычки между цеховыми группами АВО первого и второго цехов $\Delta i = i_1 - i_2$.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что при фактических значениях эксплуатационных характеристик технологического участка МГ, в который входит рассматриваемая компрессорная станция, использование перемычек между цеховыми группами АВО и сохранении значения температуры природного газа на выходе из системы охлаждения КС t''_2 дает возможность существенно

сократить расход электроэнергии в системе охлаждения КС за счет выключения части вентиляторов: только месячная экономия энергетической составляющей эксплуатационных расходов в системе охлаждения рассматриваемой КС составляет около 190 тыс. руб.

При этом следует отметить, что при определении оптимального режима работы системы охлаждения природного газа на КС, оснащенной перемычками между цеховыми группами АВО, следует также рассмотреть задачу оптимизации режима работы системы охлаждения с учетом затрат энергии в системе компримирования последующей КС.

Литература:

1. Калинин А.Ф. Эффективность и регулирование режимов работы систем трубопроводного транспорта природного газа. – М.: МПА-Пресс, 2004. – 168 с.
2. Козаченко А.Н., Никишин В.И., Поршаков Б.П. Энергетика трубопроводного транспорта газов. – М.: Нефть и газ, 2001. – 398 с.
3. Теплообмен при трубопроводном транспорте нефти и газа./Е.О. Антонова, Г.В. Бахмат, И.А. Иванов, О.А. Степанов. – Спб.: Недра, 1999. – 228 с.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт газа, компрессорные станции, системы охлаждения природного газа, аппараты воздушного охлаждения, перемычки между цеховыми группами АВО, оценка эффективности использования перемычек.



АРМ ГАРАНТ



Электроприводы ЭВИМТА для задвижек Ду 50 - 1200 мм
Пневмоприводы ПСДС для шаровых кранов Ду 300 - 1000 мм
Монтажные, пусконаладочные, ремонтные работы
 на объектах нефтегазового комплекса

450059, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 19/5
тел./факс: (347) 223-74-15, 223-74-17
e-mail: armgarant@ufamail.ru
www.armgarant.ru