

УСТРОЙСТВО ТРУБНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ РЕЗЕРВНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

Дядичкин А. Ф.

первый 1960–65 гг. в начальник диспетчерской службы Треста «Мингаз» Главгаза БССР

В феврале в прессе появилась информация о целесообразности перевода с газа некоторых энергоёмких предприятий Министерства энергетики. Такое предложение обосновано разными стоимостными показателями цены на газ и мазут, а именно в настоящее время стоимость мазута ниже стоимости газа.

Надо отметить, цены на газ и мазут со временем меняются, в отличие от эксплуатационных затрат. В настоящее время страна платит за газ чуть больше 142 доллара за тысячу кубометров, а в 80-е годы платила значительно меньше и его цена в те годы была ниже цены мазута.

Принимать решения о переводе объектов газопотребления с газа на мазут, руководствуясь только одними показателями цены на топливо, без учета эксплуатационных издержек, нельзя.

Мазутное хозяйство объектов газопотребления представляет собой сложное устройство. В состав его входят: мазутохранилище, резервуар для присадки мазута, фильтры грубой и тонкой очистки, подогреватели мазута, охладители конденсата, мазутопроводы, паро и конденсатопроводы, дренажные трубопроводы, насосы различного назначения. При рассмотрении вопроса о переводе потребителей газа на резервное топливо следует исходить из значимости объекта и размера материального ущерба. Если перевод электростанций Министерства энергетики и отдельных потребителей 1-ой категории может быть экономически оправдан, то использование менее эффективно мазута в качестве топлива на промышленных предприятиях, даже где газомазутные горелки на агрегатных установках не демонтированы, вызовет материальный ущерб. Уменьшается КПД работы технологических печей, сушил и снижается качество продукции в связи с тем, что в процессе

монтажа газового оборудования при первичном пуске газа и при последующем переоборудовании технологических установок на мазут изменялись их конструкции в сторону уменьшения топочного объёма. Сжигание в котельных некачественного мазута вызывает загрязнение поверхности нагрева топок и следовательно условий теплопередачи.

В середине 60-х годов прошлого столетия диспетчерской службой Треста «Мингаз» было выполнено исследование эффективности сжигания мазута на пяти крупных энергоёмких предприятиях г. Минска. По результатам исследования был выявлен размер материального ущерба, причиненного таким предприятиям в результате их кратковременного перевода на сжигание мазута. Автором статьи предложена формула для определения материального ущерба.

$$y = y' \frac{BQ^M \eta^M}{1000Q^Г \eta^Г};$$

где y' – удельный ущерб, руб./1000 кубометров газа;

B – количество используемого резервного топлива, кг;

$Q^M, Q^Г$ – низкая теплота сгорания мазута, кДж/кг, кДж/м³;

$\eta^M, \eta^Г$ – КПД установок при использовании мазута и газа.

Исследованием установлено, что удельный ущерб y' в ценах 60-х годов прошлого столетия при переводе на мазут промышленных предприятий, потребляющих топливо на технологические нужды, составлял 46,5 рублей на 1000 м³ сжигаемого мазута.

В середине 60-х годов поставка газа газосбытовой организацией «Западтрансгаз» Минску осуществлялась строго в соответствии с требо-

ваниями Правил пользования газом в народном хозяйстве СССР. В Правилах указывалось: при перерасходе потребителем суточного лимита отбора газа газосбытовой организации представляется право проводить принудительное ограничение подаваемого газа до установленного суточного лимита. Также указывалось, что газосбытовая организация обеспечивает необходимое давление газа на выходе из газораспределительной станции при условии соблюдения потребителями плановой дисциплины отбора газа. Плановую дисциплину равномерного отбора газа город не выполнял. Потребление газа городом как по дням недели, так и по часам суток осуществлялось неравномерно. Недельная неравномерность характерна тем, что в субботние и воскресные дни расход газа городом заметно снижается, а в будние дни потребление его возрастает и превышает суточный лимит расхода газа, установленный Минску «Западтрансгазом». Неравномерность газопотребления по часам суток также характеризуется колебаниями расхода как промышленными предприятиями, так и отопительными котельными особенно в холодные дни зимнего периода времени. В период низкого газопотребления газ накапливается в газопроводных сетях и затем за счет аккумуляющей способности их выдается потребителям в период высокого газопотребления. Однако, действующий режим работы распределительных газопроводов с учётом использования их аккумуляющей способности газосбытовая организация «Западтрансгаз» во внимание не принимала. В результате в будние дни «Западтрансгаз» в принудительном порядке ограничивал подачу газа в городскую сеть путем снижения давления газа на выходе из газораспределительной станции. В этих условиях в целях обеспечения бесперебойного снабжения газом населения было принято решение перевести на резервное топливо – мазут ряд предприятий 1-ой группы, у которых снижение давления привело бы к нарушению технологического процесса и могло повлечь за собой значительный материальный ущерб. После перевода технологических агрегатов на мазут на одном из таких предприятий в связи с выбросами продуктов сгорания мазута в помещении цеха рабочие отказались обслуживать кузнечные печи и направили делегацию в БРК профсоюза, где рассматривался этот вопрос. Решением вопроса обеспечения бесперебойной поставки газа городу в пределах суточного лимита за счет использования аккумуляющей способности газопровода занимался и трест

«Мингаз». Диспетчерской службой треста был выполнен расчет с обоснованием невозможности равномерного отбора газа потребителями. Так же было предложено учитывать, что городские сети работают в режиме аккумуляирования газа в трубах в период низкого газопотребления (выходные дни и ночные часы), что позволяет потреблять газ городом не нарушая месячного лимита.

Подготовленные диспетчерской службой Треста Мингаз документы с расчетами были направлены в Министерство газовой промышленности СССР. К сожалению положительного ответа на все предложения Мингаза не последовало.

В условиях ограниченной подачи газа городу или при аварийных ситуациях бесперебойное снабжение потребителей топливом возможно осуществлять путем:

- создания резервных запасов мазута и его хранение на территории объектов топливопотребления;
- накопления и переводом потребителей на сжигание искусственного газа, получаемого из биотоплива или при мусоросжигании;
- сжижения, регазификации хранения и использования сжиженного природного газа;
- использования нетрадиционных источников энергоснабжения (гидроагрегатов, гелиоустановок, ветроагрегатов);
- хранения газа в газгольдерах.

Выбор способа резервирования топлива в каждом отдельном случае должен быть обоснован технико-экономическими расчетами.

В нашей стране в настоящее время на некоторых крупных газоёмких промышленных объектах газопотреблениях, ТЭЦ в качестве резервного топлива используется мазут. Доставляется он в автоцистернах и хранится в резервуарах, размещаемых в помещениях или на территориях предприятий.

Впервые автором статьи предлагается взамен мазута в качестве резервного топлива использовать природный газ, размещаемый в трубных резервуарах.

Трубный резервуар представляет собой блок из отрезков сварных бесшовных труб с толщиной стенки не менее 8 мм, сваренных в одну или несколько ниток. Размещаться резервуар может на территории объектов газопотребления с заглублением в землю или укладываться на опоры с наружи зданий. Газ для заполнения резервуара подается по газопроводу, врезаемому в распределительный газопровод высокого давления до 1,2 МПа до ГРП объекта газопотребления или при

помощи компрессора. В последнем случае трубный резервуар будет представлять собой устройство, включающее в себя кроме труб компрессор и регулятор для ступенчатого снижения давления, обеспечивающего нормальную работу газовых горелок.

При расчете параметров устройства трубных резервуарах для резервного газоснабжения объектов газопотребления использованы уравнения для установившегося режима газопередачи.

Объем аккумулирующей вместимости трубных резервуаров определяется по уравнению:

$$V_x = \frac{T_{CT}}{Z_{CP} T_{CP} P_0} (V_0 + V_a)(P_1 + P_2);$$

где V_0 , V_a – геометрический объем трубного резервуара и объем газа, подлежащего хранению в резервуаре, m^3 ;

T_{CP} , T_{CT} – действительная средняя и стандартная температура газа, К ($T_{CT} = 273$ К);

Z_{CP} – средний коэффициент сжимаемости ($Z_{CP} = 0,95$);

P_0 – давление газа при нормальных условиях, $P_0 = 0,1$ МПа;

P_1 – давление газа на входе трубы-резервуара, МПа;

P_2 – минимальное давление газа подаваемого на горелки, МПа.

В результате преобразования после приведения газа к стандартным условиям уравнение для определения аккумулирующей вместимости резервуара принимает вид:

$$V_x = \frac{2874}{T_{CP}} (V_0 + V_a)(P_1 - P_2); \quad (1)$$

Геометрический объем трубного резервуара находим по формуле:

$$V_0 = 0,785d^2l, \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, мм;

l – общая длина трубного резервуара, мм.

Объем аккумулируемого газа за период «провала» нагрузки газопотребления находится по уравнению [1]:

$$V_a = \frac{2}{3} t(q_{cp} + q_{мин}); \quad (3)$$

где t – время аккумуляции газа, час;

q_{cp} , $q_{мин}$ – среднечасовой и минимальный за период «провала» нагрузки расход газа, m^3 .

Эквивалентные резервные объемы топлива (мазута, газа) найдем из выражения:

$$V^M Q^M = V^Г Q^Г \rho; \quad (4);$$

где V^M , $V^Г$ – объемы мазута и газа, хранящиеся в емкости резервуаров, m^3 ;

Q^M – расчетная теплота сгорания мазута 9650 ккал/ m^3 ;

$Q^Г$ – расчетная теплота сгорания газа 1193 ккал/ m^3 ;

ρ – плотность газа, kg/m^3 .

Расчет выполнен по двум вариантам

Вариант 1. Заполнение трубного резервуара газом от распределительного газопровода без применения компрессора.

1. Выявить степень неравномерности расхода газа котельной, используя данные графика суточного расхода газа потребителя.

2. Определить объем газа, подлежащего хранению в ёмкости трубного резервуара.

3. Определить аккумулирующую вместимость трубного резервуара.

Исходные данные: график суточного расхода газа; давление газа на вводе в резервуар $P_1 = 1,2$ МПа; давление газа на выходе к горелкам $P_2 = 0,03$ МПа; общая длина трубного резервуара $l = 90$ м; диаметр труб резервуара – $\varnothing 273 \times 8$ мм.

Решение: Как видно из графика общий суточный расход газа котельной составляет $106320 m^3$. Среднечасовое потребление – $4430 m^3$.

При постоянном неизменном поступлении газа из распределительных сетей города потребление газа котельной неравномерно. В часы низкого потребления («провала» нагрузки), т.е. когда потребление газа меньше среднего часового количества газ аккумулируется в газопроводе и следовательно давление повышается. За счет этого в часы высокого газопотребления «пик» нагрузки подается не среднечасовое количество, а несколько больше.

Работа газопровода в таком режиме позволяет «сглаживать» пиковые нагрузки и следовательно регулировать суточную неравномерность газопотребления.

Объем газа, подлежащего хранению, определяем путем отнимания от среднесуточного расхода расход газа котельной за каждый час периода низкого газопотребления. Складывая эти значения, получим общий объем, подлежащего хранению газа за весь период «провала» нагрузки.

Результаты расчета приведены в таблице 1. Как показал расчет объем накопленного в ёмкости трубного резервуара газа составляет $7150 m^3$.

Геометрический объем трубного резервуара с внутренним диаметром труб $0,257$ мм составляет: $V_0 = 0,785 \cdot 0,257^2 \cdot 90 = 4,7 m^3$.

Таблица 1

Расчет потребления газа котельной

Часы суток	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход газа за данный час	4200	4020	4160	4200	4260	4420	4940	5300	4820	4640	3950	3540
Накопление газа (период провала)	230	410	270	230	150	10	–	–	–	–	480	890
Дефицит газа (период пик)	–	–	–	–	–	–	510	870	390	210	–	–
Часы суток	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Расход газа за данный час	3400	3750	3350	3710	3900	4410	5300	5190	5280	5280	5300	5400
Накопление газа (период провала)	1030	1080	1080	720	530	20	–	–	–	–	–	–
Дефицит газа (период пик)	–	–	–	–	–	–	870	760	850	850	870	970
Расход за сутки, м ³	106 320											
Расход среднесуточный, м ³	4430											
Накопление газа, м ³	7150											

Аккумулирующую вместимость трубного резервуара при температуре $t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ определяем по уравнению (1):

$$V_x = \frac{2874}{280} (7150 + 4,7)(1,2 - 0,03) = 88740 \text{ м}^3;$$

Процент накопления газа от суточного потребления составляет $\frac{88740}{106320} = 83\%$.

Вариант 2. Заполнение трубного резервуара газом с использованием компрессора.

В связи с переводом объекта газопотребления с мазута на газ, заменой газомазутных горелок на газовые и демонтажом мазутохранилища определить:

1. Объем газа, подлежащего хранению в трубном резервуаре, эквивалентного объему заменяемого им мазута;

2. Геометрический объем проектируемого трубного резервуара;

3. Объем аккумулируемого газа за период «провала» нагрузки газопотребления объектами.

4. Величину давления, создаваемого компрессором, обеспечивающую полное заполнение ёмкости трубного резервуара газом.

Исходные данные: количество резервного топлива в хранилище мазута – 11480 кг; суточный расход газа объектом после перевода его с мазута на газ $V = 25400 \text{ м}^3/\text{сут}$; среднесуточный расход газа – $V = 1060 \text{ м}^3/\text{ч}$; минимальный расход газа $V_{\text{мин}} = 790 \text{ м}^3/\text{ч}$; время аккумуляции газа $t = 10 \text{ час}$; давление газа на входе в резервуар $P_1 = 0,3 \text{ МПа}$; давление газа перед горелкой $P_2 = 0,02 \text{ МПа}$; общая длина проектируемого трубного резервуара $l = 60 \text{ м}$; диаметр труб резервуара $\text{Ø}273 \times 8 \text{ мм}$.

Решение: находим объем газа, подлежащего хранению в трубном резервуаре, эквивалентного объему заменяемого им мазута из выражения (4):

$$V^{\Gamma} = \frac{V^M Q^M}{Q^{\Gamma} \rho} = \frac{11480 \cdot 9650}{11930 \cdot 0.73} = 12690 \text{ м}^3;$$

Геометрический объем проектируемого трубного резервуара равен:

$$V_0 = 0,785 \cdot 0,2572 \cdot 60 = 15,6 \text{ м}^3;$$

Объем аккумулируемого газа за период «провала» нагрузки определяется по уравнению (3):

$$V_a = 2/3 \cdot 10 \cdot (1060 - 790) = 1800 \text{ м}^3;$$

Требуемую величину давления, создаваемую компрессором, определяем их уравнения (1):

$$P_1 - P_2 = \frac{V^{\Gamma} T_{CP}}{2874(V_0 + V_a)} = \frac{12690 \cdot 280}{2874(15,6 + 1800)} = 0,68 \text{ МПа};$$

$$P_1 = 0,68 + P_2 = 0,68 + 0,002 = 0,7 \text{ МПа}.$$

Как видно из расчета, для заполнения и хранения газа в ёмкости проектируемого трубного резервуара в количестве 12690 м^3 взамен мазута, потребуется создать давление компрессором не менее $0,7 \text{ МПа}$ (7 кгс/см^2).

Правилами подачи газа магистральным газопроводам и потребителям установлен порядок подачи газа с условием равномерного его отбора по дням недели в течении месяца.

При перерасходе потребителями установленного им суточного лимита газопотребления газосбытовой организации предоставлено право принимать решение о принудительном ограничении подачи газа на газоиспользующие установки

потребителей путем снижения давления на выходе из газораспределительной станции. Однако, потребление газа городом неравномерно по дням недели в течение месяца. В будние дни, особенно зимнего периода года, отбор газа потребителями превышает суточную норму газопотребления, а в выходные дни и ночные часы потребление сокращается. Накопленный за такой период газ в трубном резервуаре будет поступать к потребителю.

Таким образом, трубные резервуары резервного газоснабжения способны обеспечить регулирование режима работы газовых сетей без нарушения установленного лимита газопотребления.

Устройство трубных резервуаров позволит

также решить вопрос резервного топливоснабжения объектов коммунально-бытового назначения, а так же котельных, газоиспользующее оборудование которых конструктивно не приспособлено к работе на других видах топлива. В трубных резервуарах за счет накопления газа за период низкого его отбора потребителями возможно создать резервные запасы газа для обеспечения бесперебойной работы газоиспользующих установок объектов, у которых отключение газа или снижение его давления вызовет нарушение технологического процесса и повлечет за собой остановку оборудования или материальный ущерб вследствие порчи или недоотпуска продукции.

Список использованных источников

1. Дядичкин, А.Ф. Как создать резервный запас газа для обеспечения надежности снабжения им потребителей / А.Ф. Дядичкин // Промышленная безопасность: журнал. – 2007. – № 5.

УДК 539.2: 658.562

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ ГРАДИЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Алексеева Ю.С., Кобелева Л.И., Колмаков А.Г., Калашиников И.Е.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва

Витязь П.А., Хейфец М.Л.

Президиум НАН Беларуси, Минск

Сенють В.Т.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

Введение. Градиентные композиционные материалы (ГКМ) отличаются от традиционных изотропных КМ наличием пространственно неоднородных структур, благодаря которым они приобретают новые свойства и способны выпол-

нять новые функции. Поиск и разработка новых технологических процессов синтеза ГКМ для моделирования их строения, определяемого параметрами нагружения изделия, представляют собой актуальную задачу при проектировании и