

## О НАДЕЖНОСТИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Ю.Г. ГРАЧЕВ д-р техн. наук, проф.,

А.В. ГРИШКОВА канд. техн. наук, доц.,

Б.М. КРАСОВСКИЙ канд. техн. наук, доц., К.К. РАЧКОВСКИЙ

*Пермский государственный технический университет*

В последнее время, при решении задач теплоснабжения жилых районов, наряду с системами централизованного теплоснабжения, в качестве источника тепловой энергии для отопления жилых и общественных зданий, часто используются автономные котельные. В ряде случаев это позволяет уменьшить дисконтированные затраты по сравнению с техническими решениями, связанными с реконструкцией централизованных систем теплоснабжения.

Этот фактор становится решающим при выборе источника тепловой энергии, не только из-за ограниченных финансовых ресурсов, которые могут быть использованы для инвестирования, но и в связи с официальными методическими рекомендациями Минфина Российской Федерации [1], в которых оговорена целесообразность отбора инвестиционных проектов с более низкой дисконтированной стоимостью.

Определенным преимуществом автономных котельных является возможность энергосбережения, связанная с устранением потерь тепловой энергии в магистральных и распределительных сетях больших централизованных систем теплоснабжения.

При проектировании небольших автономных котельных необходимо учитывать, что отсутствие резервного топлива требует обеспечить определенную надежность процесса подачи газа к теплогенерирующим установкам.

В настоящее время надежность систем газоснабжения, как правило, рассчитывается по методике, изложенной в [2].

При этом диктующим оказывается условие обеспечения весьма высокой вероятности ( $p \geq 0,995$ ) безотказного обеспечения минимального давления газа, поступающего к горелкам бытовых газовых плит. Минимально допустимое давление газа обеспечивает надежную работу газовых горелок, погасание которых, при отсутствии устройств для автоматического отключения, может привести к образованию взрывоопасной газо-воздушной смеси

При присоединении к распределительной газовой сети автономных котельных, не имеющих устройств для хранения и сжигания резервного топлива, необходимо, независимо от рассмотренного выше условия, обеспечить необходимую надежность поступления газа к горелкам котельных агрегатов. Последние нередко присоединяются к газопроводам среднего давления с использованием газовых горелок среднего давления или местных газорегуляторных устройств, не связанных с городской сетью газопроводов низкого давления, имеющих необходимое резервирование.

В этом случае необходимо проектировать систему газоснабжения и автономную систему теплоснабжения исходя из необходимости обеспечения нормативных показателей надежности обогрева отапливаемых помещений. Эти показатели указаны в СНиП 41-01 «Системы теплоснабжения» [3] и составляют:

1. Вероятность безотказной работы  $p \geq 0,86$ .
2. Коэффициент готовности  $E \geq 0,97$ .

Для создания методики обеспечения этих показателей при проектировании систем газоснабжения автономных котельных в Пермском государственном техническом университете, на кафедре теплогазоснабжения, вентиляции и охраны воздушного бассейна, ведутся следующие научно-исследовательские работы:

1. Исследование статистики отказов в системах газоснабжения.
2. Разработка методики прогнозирования надежности обеспечения топливом автономных котельных, присоединяемых к существующим и проектируемым системам газоснабжения.

В настоящее время исследования еще не завершены, но полученные результаты уже сейчас позволяют обосновывать технические решения, направленные на обеспечение надежности газоснабжения автономных котельных.

Для обеспечения надежности при присоединении автономных котельных к конкретной системе теплоснабжения, расчетная плотность потока отказов котельной и тепловой сети должна быть ограничена определенным лимитом, который должен быть указан в технических условиях на присоединение котельной к системе теплоснабжения. При проектировании котельной и системы теплоснабжения лимитированная плотность потока отказов должна рассчитываться только с учетом отказов, влияющих на вероятность безотказной работы. Отказы, влияющие на коэффициент готовности и не изменяющие вероятность безотказной работы в данном случае не должны учитываться. Для определения лимита, обеспечивающего надежность газоснабжения котельной можно пользоваться формулой:

$$\omega = 0.151 - \alpha \cdot l \quad (1)$$

В этой формуле:

$l$  - суммарная протяженность нерезервируемых газопроводов всех давлений, участвующих в газоснабжении котельной, км;

- коэффициент, находящийся в пределах 0.001÷0.002.

Коэффициент  $\alpha$  уточняется в каждом конкретном случае, в зависимости от климатических параметров, грунтовых условий и срока эксплуатации газопроводов.

В настоящее время на кафедре ТГВ и ОВБ ПГТУ разрабатывается подробная инструкция по определению коэффициента  $\alpha$  в любом конкретном случае. До завершения этой работы, в практических расчетах рекомендуется пользоваться значением  $\alpha = 0.0015$ .

Рассмотрим конкретный пример выполнения расчетов. Для случая, когда  $l = 20$  км, по формуле (1) определим допустимое математическое ожидание плотности потока отказов:

$$\omega = 0.151 - \alpha \cdot 20 = 0.121$$

Отсюда следует, что при проектировании котельной и тепловых сетей необходимо обеспечить вероятность безотказной работы равную  $p = e^{-0.121} = 0.89$ .

Это значение выше нормативного значения  $p = 0.86$ , что связано с тем, что нерезвированные участки газопроводов имеют надежность, характеризуемую вероятностью безотказной работы:

$$p = e^{-0.0015 \cdot 20} = 0.97.$$

Вероятность безотказной работы всей системы, включающей теплопроводы, котельные установки и систему газоснабжения равна:

$$p = 0.89 \cdot 0.97 = 0.86.$$

Это соответствует требованиям СНиП 41-01.

Вторым важным условием, определяющим надежность газоснабжения автономных котельных, является максимально допустимое время восстановления газоснабжения при отказах. Это время зависит от температуры наружного воздуха.

Максимально допустимое время восстановления при отказе, рассчитанное для условий города Перми, приведено в таблице

Температура наружного воздуха, °С	Предельная допус- тимая продолжи- тельность работ по восстановлению газоснабжения, час	Температура наружного воздуха, °С	Предельная допус- тимая продолжи- тельность работ по восстановлению газоснабжения, час
-35	5.4	-15	11.2
-30	6.5	-10	14.6
-25	7.5	-5	20.8
-20	9.5	0	36.0

Приведенные в таблице результаты рассчитаны исходя из выполнения условий, продиктованных СНиП 41-01. Важнейшим ограничением в этом случае является недопустимость остывания воздуха в неугловых комнатах жилых зданий, при любых аварийных ситуациях, ниже температуры  $+3^{\circ}\text{C}$ .

При определении предельной продолжительности работы по восстановлению системы газоснабжения учитывалось то обстоятельство, что для пуска котлов и запуска системы теплоснабжения после подачи газа, может потребоваться дополнительное время равное  $1\div 2$  часа.

Все рассмотренные выше вопросы относятся к проблеме обеспечения нормативного значения вероятности безотказной работы.

Наряду с вероятностью безотказной работы, важным фактором, определяющим надежность теплоснабжения является коэффициент готовности.

Выполненные исследования показали, что структура системы газоснабжения практически не влияет на коэффициент готовности автономной котельной. Это связано с тем, что математическое ожидание годового времени неготовности, связанное с системой газоснабжения не превышает  $1\div 2$  % от величины математического ожидания годового времени неготовности автономной котельной и её системы теплоснабжения.

В тех случаях, когда система газоснабжения не может гарантировать подачу максимального расхода газа, требуемого при наиболее низких температурах наружного воздуха, коэффициент готовности может существенно снизиться.

В этом случае присоединение автономной котельной к системе газоснабжения может выполняться только при наличии резервного источника тепловой энергии.

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. М., 1994.

2. Ионин А.А. Газоснабжение. М., Стройиздат, 1981.
3. Ковылянский Я.А., Коротков А.И. Опыт разработки СНиП 41-10 «Системы теплоснабжения» // Промышленная энергетика, 1997. №10.

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПЕЧИ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА**

Н.Е. ЛАПТЕВА канд. техн. наук, доц.,  
А.В. НЕКРАСОВ канд. техн. наук, доц., Т.Е. ВЛАСОВА  
*Уральский государственный технический университет*

В работе рассматриваются вопросы выбора оптимального расположения горелок, их теплофизических и аэродинамических характеристик, рационального профиля камеры нагрева при струйном отоплении применительно к печи туннельного типа трубосварочного стана для производства водогазопроводных труб. Типовая система отопления нагревательной печи стана включает горизонтальный ряд горелок, расположенных в боковых стенках печи и обеспечивающих продольное обтекание движущейся полосы (штрипса) при продольном нагреве. Ниже приведены результаты сравнительного исследования аэродинамики и теплообмена при боковом и сводовом отоплении на модели печи, построенной в масштабе 1:7. Штрипс имитировался калориметром, состоящим из двадцати трех трубок с внутренним диаметром 1,8 мм.

В схеме сводового отопления струи газов горелок ориентируются на кромки штрипса, обеспечивая поперечное (отрывное) обтекание и, вероятно, увеличение интенсивности турбулентности и интенсификацию теплообмена на кромках. К сожалению, информация об исследованиях конвективного теплообмена при отрывном обтекании струей кромки тонкой одиночной пластины, а также пакета из нескольких пластин практически отсутствует. Между тем, в практике эксплуатации отечественных печей для увеличения