

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
СИСТЕМ  
IMPROVING THE RELIABILITY OF GAS DISTRIBUTION SYSTEMS

Титов А. С., магистр техн. наук; Романюк В. Н., д-р техн. наук, профессор,  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь  
A. Titov, Master of Sciences;  
V. Ramaniuk, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация.* Рассмотрены способы повышения уровня надежности газораспределительных систем путем ее реконструкции, а также предложен вариант подхода к принятию решения о необходимости строительства кольцевых газопроводов.

*Abstract.* Methods for increasing the level of reliability of gas distribution systems through its reconstruction are considered, and a variant of the approach to making a decision on the need to build ring gas pipelines is also proposed.

*Ключевые слова:* газоснабжение, газораспределительная система, газопровод, надежность, реконструкция, кольцевой газопровод.

*Key words:* gas supply, gas distribution system, gas pipeline, reliability, reconstruction, ring gas pipeline.

## ВВЕДЕНИЕ

Главным требованием к функционированию газораспределительной системы является обеспечение ее надежности, безопасности и эффективности эксплуатации при снижении нагрузки на окружающую среду, начиная от источников газоснабжения до конечных потребителей газа.

Главной задачей повышения надежности является обеспечение бесперебойного газоснабжения всех категорий потребителей, уменьшение количества отказов, приводящих к изменению параметров газа, несоответствующих требованиям технической нормативной документации.

Повышение надежности газораспределительной системы – это огромная работа, обеспечиваемая комплексным подходом реализации целого ряда мероприятий. Однако остановимся на некоторых из них – строительство кольцевых газопроводов, параллельных участков газопроводов для увеличения пропускной способности основных участков.

Данные мероприятия следует рассматривать в контексте с программами по проведению капитальных ремонтов многоэтажных жилых домов, при реализации которых выполняется модернизация или реконструкция внутренних систем газоснабжения, что может повлечь необходимость выполнения работ по перекладке наружных газопроводов с целью обеспечения пропускной способности трубопроводов, а также сохранения постоянства давлений в дей-

ствующей ветви наружного газопровода. Это направление развития сохраняет свою актуальность и в случае проведения целенаправленного уплотнения существующей многоэтажной жилой застройки путем строительства новых зданий и сооружений. При этом необходимо:

- обеспечить расчетное потребление газа при сохранении существующего режима работы газораспределительной системы;
- обеспечить перераспределение расходов газа между потребителями.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Решение указанных задач обеспечивается посредством реконструкции газораспределительной системы. При этом появляется возможность ее усовершенствования, начиная с выбора проектных решений в зависимости от принятой методики расчета необходимой пропускной способности сети и заканчивая технологией ее модернизации с учетом требований нормативных документов.

Один из вариантов (для сохранения постоянства давлений в действующей ветви наружного газопровода с увеличенным расходом газа) – это прокладка параллельного участка газопровода (лупинга), параметры которого обеспечат постоянство прежнего гидравлического режима газораспределительной сети.

Конечно же, не следует рассматривать его как единственный верный. Существуют и иные варианты: прокладку новых газопроводов и лупингов можно заменить устройством вставок увеличенного диаметра в действующий распределительный газопровод. Однако их устройство требует отключения этих участков сети газоснабжения, что ведет к дополнительным затратам. Поэтому для каждого варианта модернизации газораспределительной системы необходимо найти наиболее эффективные и экономически обоснованные способы повышения пропускной способности газопровода.

Анализ, выбор и дальнейшую реализацию вариантов реконструкции газораспределительной системы необходимо производить по комплексному проекту реконструкции жилой застройки всего некоторого выделенного района, что позволит учесть при этом наибольшее количество факторов, влияющих на рост потребления газа и вероятность падения давления газа в конечных точках у потребителя ниже нормативного, необходимого для устойчивой работы газоиспользующего оборудования.

В рамках рассмотрения данного направления требуется выделить вопрос строительства кольцевых газопроводов и подходов к обоснованию необходимости их применения.

Как при строительстве лупингов или модернизации трубопроводов вставками большего диаметра, так и при строительстве кольцевых газопроводов в первую очередь руководствуются результатами гидравлического расчета газораспределительной сети с учетом как существующих, так и возможных перспективных потреблений газа с учетом коэффициентов одновременности [1]. Также немаловажную, а может даже и первостепенную роль при этом оказывают сведения о значениях избыточного давления перед газоиспользующим

оборудованием у потребителей, получаемые ежегодно в процессе эксплуатации путем замера их в характерных точках согласно требованиям [2], а также локальных технических нормативных документов газоснабжающих организаций в зимний период во время наиболее холодного времени года, когда имеют место пиковые максимальные нагрузки. Результаты этих измерений служат основанием для рассмотрения вопросов необходимости корректировки режимов работы ГРП (ШРП), а в случаях отсутствия этой возможности, зачастую, и основанием для проведения гидравлического расчета с целью обоснования необходимости кольцевания газопроводов для дальнейшего включения ее в программу проектирования и строительства.

Стоит рассмотреть данный вопрос в рамках обеспечения надежности газоснабжения с иного ракурса. Результаты анализа существующих сетей газораспределения выявляют большое количество именно тупиковых систем. В случае возникновения аварийных ситуаций, связанных с нарушением герметичности газопровода, это может повлечь за собой отключение большого количества потребителей газа, а также значительные потери газа. Не менее трудозатратным является дальнейший процесс восстановления газоснабжения путем подключения потребителей после остановки подачи газа.

С целью уменьшения затрат на аварийные отключения, повышения уровня надежности поставки газа потребителям, а также повышения безопасности при аварийных ситуациях предлагается подход к принятию решения о необходимости строительства кольцевых газопроводов дополнить вариантом, основанным на необходимости обеспечения вышеперечисленных факторов.

Рассмотрим данный вопрос, опираясь в первую очередь на статистические данные основных типоразмеров диаметров наружных подземных газопроводов среднего и низкого давлений, находящихся в эксплуатации.

Анализ статистических данных показывает, что наиболее распространенным типоразмером являются трубопроводы соответственно для среднего D32 мм и низкого давлений D32 и D57 мм. Это объясняется в первую очередь тем, что данный типоразмер диаметров труб использовался и используется для строительства газопровод-вводов. Частично данные типоразмеры труб используются при соответствующем гидравлическом расчете в тупиковых относительно незначительной протяженности участках распределительных сетей при прокладке уличных газопроводов.

Остановим свое внимание на иных больших типоразмерах труб, обладающих большей пропускной способностью, используемых для строительства распределительных газопроводов. И здесь однозначно можно выделить D63 мм для газопроводов среднего давления и D90 и D89 мм для низкого давления. Исходя из полученных сведений, предположим, что наиболее вероятным событием при строительстве кольцевого участка газораспределительной системы будет строительство газопровода, соединяющего данные типоразмеры труб. В ином случае планируемый к строительству газопровод будет по своему типоразмеру превышать принимаемые к расчету диаметры и, соответ-

ственно, обладать лучшими характеристиками, а в частности – большей пропускной способностью.

Для проведения расчетов воспользуемся классической формулой скорости движения газа в газопроводе [3]:

$$W = 0,01273 \cdot Q \cdot z \cdot T / (D^2 \cdot p), \quad (1)$$

где  $W$  – скорость движения газа в газопроводе, м/с;  
 $Q$  – расход газа через данное сечение, м<sup>3</sup>/ч;  
 $z$  – коэффициент сжимаемости;  
 $T$  – температура газа, К;  
 $D$  – внутренний диаметр трубопровода, мм;  
 $p$  – абсолютное давление газа, МПа.

Отсюда можно определить максимальную пропускную способность трубопровода  $Q_{\max}$ , которая будет соответствовать максимальной скорости потока газа. При этом будем исходить из позиции необходимости обеспечения максимальной пропускной способности для случаев пиковых режимов потребления или возникновения аварийной ситуации. Согласно приложения В [1] максимальная скорость потока газа составляет 25 м/с. С учетом этого максимальную пропускную способность трубопровода можно выразить:

$$Q_{\max} = 196,386 \cdot D^2 \cdot p / (z \cdot T). \quad (2)$$

Приняв для предварительных расчетов  $z = 1$  и  $T = 293 \text{ K}$ , вычисления можно производить по упрощенной формуле:

$$Q_{\max} = 0,67 \cdot D^2 \cdot p. \quad (3)$$

Результаты расчетов для указанных типоразмеров диаметров (с учетом сортамента полиэтиленовых труб: SDR17 для низкого и SDR11 для среднего давлений, а также наиболее распространенный тип стальной трубы D89x3,5 мм) при различных величинах рабочих давления газа, применяемых в системах газораспределения, а также их максимально допустимых значений сведем в табл. 1.

Таблица 1

Максимальная пропускная способность трубопроводов

Рабочее давление, МПа	Пропускная способность трубопровода, м <sup>3</sup> /ч, следующих типоразмеров диаметров, мм		
	63	90	89
0,003	214	438	469
0,15	445	912	1132
0,3	710	1456	1808

Далее необходимо определить количество потребителей газа, для которых рассмотренные типоразмеры диаметров труб смогут обеспе-

чить данное потребление газа. При этом будем учитывать вариант установки у потребителей не только газовой плиты ПГ4 (как в многоэтажном жилом фонде), но и одновременно с этим настенного отопительного газового котла наиболее распространенных моделей мощностью 24 кВт. Тем самым мы ухудшаем возможную аварийную ситуацию и предполагаем устройство закольцовки на участках с многоквартирной застройкой с поквартирной системой отопления или в частном секторе с индивидуальными жилыми домами.

Воспользуемся формулой расчетного часового расхода газа  $Q_d^h$ , м<sup>3</sup>/ч, определяемого по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами с учетом коэффициента одновременности их действия [1]:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m K_{sim} q_{nom} n_j, \quad (4)$$

где  $K_{sim}$  – коэффициент одновременности, значение которого следует принимать для жилых домов, как приведено в приложении В [1];

$q_{nom}$  – номинальный расход газа прибором или группой приборов, принимаемый по паспортным данным или техническим характеристикам приборов, м<sup>3</sup>/ч;

$n_j$  – количество однотипных приборов или их групп;

$m$  – количество типов приборов или их групп.

Число  $n$  – искомая нами величина, определяющая количество квартир или индивидуальных жилых домов, в которых установлено газоиспользующее оборудование.

В данном конкретном случае мы имеем  $m = 2$ : типы приборов котел и плита. Определимся с номинальными расходами данного газоиспользующего оборудования.

Для отопительных и водогрейных настенных котлов данный показатель зависит от их мощности, отапливаемой площади (а точнее объема), КПД котла. Производители различных марок котлов указывают различные величины номинального расхода. При усредненных теплопотерях, мощность потока которых можно оценить 80 Вт/м<sup>2</sup>, рассчитанных для температуры наружного воздуха – 24 °С, то при отапливаемой площади 200 м<sup>2</sup> и КПД котла 91 % максимальный расход газового котла составит 1,78 м<sup>3</sup>/ч.

Усредненный номинальный расход газа для четырехкомфорочных газовых плит составляет 0,995 м<sup>3</sup>/ч.

Согласно приложению «В» [1] коэффициент одновременности для отопительных котлов, независимо от их количества, рекомендуется применять равным 0,85. Для плит примем значение данного показателя усредненным путем интерполяции между его значениями, принимаемыми согласно упомянутого приложения «В» [1], равным 0,176.

Тогда количество квартир или индивидуальных жилых домов (а в итоге – количество потребителей) сможем определить по формуле:

$$n=Q_d^h/(K_{пл} q_{ном.пл} + K_k q_{ном.к}), \quad (5)$$

где  $Q_d^h$  – принимаем согласно табл. 1 полученных значений пропускной способности для соответствующих типоразмеров труб и давлений в них.

Результаты расчетов сведем в табл. 2.

Таблица 2

Количество потребителей, обеспечивающихся газом с учетом пропускной способности закольцовок соответствующих диаметров трубопроводов

Рабочее давление, МПа	Количество потребителей, ед., по соответствующим типоразмерам диаметров труб закольцовок, мм		
	63	90	89
0,003	–	259	278
0,15	263	–	–
0,3	420	–	–

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты можно принять в качестве обоснования при определении нижнего порога количества потребителей (квартир или индивидуальных жилых домов, оборудованных газоиспользующим оборудованием для нужд отопления и приготовления пищи) при выборе объектов газораспределительной системы (ГРП, ШРП), для которых решается вопрос о необходимости или ее отсутствии строительства закольцовок.

С учетом определенной объективной погрешностью расчетов, связанных с усредненными показателями и иными допущениями, на основании полученных данных предлагается нижнее пороговое число потребителей (для обоих типов давления в газораспределительной сети), которое можно принять равным 250 ед.

### ЛИТЕРАТУРА

1. СН 4.03.01-2019. Газораспределение и газопотребление. – Минск: Сройтехнорм, 2020. – 106 с.
2. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 02 февр. 2009 г., № 6 (редакция от 23.02.2018) // ЭТАЛОН-ONLINE / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. (Дата обращения: 17.12.2022). – Текст: электронный.
3. Справочник по проектированию магистральных газопроводов / А. К. Дерцакян, М. Н. Шпотаковский, Б. Г. Волков и др.; Под ред. А. К. Дерцакяна. – Ленинград: Недр. Ленингр. Отд-ние, 1977. – 519 с.

4. Реконструкция системы газоснабжения низкого давления / С. Н.Осипов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/rekonstruktsiya-sistemy-gazosnabzheniya-nizkogo-davleniya>. – Дата доступа: 17.12.2022.