

contains 41,3 % toluene, 29,8 % butyl acetate, 21,2 % ethyl acetate, 7,7 % butanol. It also contains such components as ethyl cellosolve and acetone, and is considered a more aggressive substance than solvent 646. Therefore, the use of solvent 646 is advisable where careful attitude to the treated surface is very important.

This type of solvent is used to remove paint and varnish coatings and varnishes, as well as to dissolve nitrocellulose-based film formers. It is very often used as a bodywork thinner, as it is suitable for effectively diluting nitro-varnishes and nitro-enamels used during [4]

### References

1. Гримитлин, М. И. Вентиляция и отопление в цехах машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин [и др.] // М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.
2. Янин, Е. П. Экологические аспекты использования органических растворителей и лакокрасочных материалов в электротехнической промышленности / Е. П. Янин // Ресурсосберегающие технологии, 2010. – № 12. – С. 3–13.
3. Фиалковская, Т. А. Вентиляция при окраске изделий / Т. А. Фиалковская // М.: Машиностроение, 1978. – 182 с.
4. Дмитриевский химический завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dcpt.ru/blog/rastvoriteli-646-647-tekhnicheskie-kharakteristiki/>. – Дата доступа: 24.02.2023.

УДК 696.2

### Повышение надежности газораспределительных систем

Титов А. С., Романюк В. Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрен вопрос повышения уровня надежности газораспределительных систем путем кольцевания газопроводов, предложен подход к обоснованию принятия решения о необходимости их строительства.*

Как при строительстве параллельных участков газопроводов (лупингов) или модернизации трубопроводов вставками большего диаметра, так и при строительстве кольцевых газопроводов (закольцовок) в первую очередь руководствуются результатами гидравлического расчета газораспределительной сети с учетом как существующих, так и возможных перспективных по-

треблений 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] в период наиболее холодного времени года, когда имеют место пиковые максимальные нагрузки. Результаты этих измерений служат основанием для рассмотрения вопроса необходимости корректировки режимов работы ГРП (ШРП), а также основанием для проведения гидравлического расчета с целью обоснования необходимости кольцевания газопроводов для дальнейшего включения ее в программу проектирования и строительства.

Результаты анализа существующих газораспределительных сетей 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. 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 показывает, что наиболее распространенным типоразмером являются трубопроводы для среднего давления – D32 мм, для низкого – D32 и D57 мм. Это объясняется в первую очередь тем, что данный типоразмер диаметров труб использовался и используется для строительства газопровод-вводов, а также в тупиковых относительно незначительной протяженности участках распределительных сетей при прокладке уличных газопроводов.

Остановим свое внимание на больших типоразмерах труб, обладающих большей пропускной способностью. По объему использования 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 дан-

ные типоразмеры труб. В ином случае планируемый к строительству газопровод будет по своему типоразмеру превышать принимаемые к расчету диаметры и, соответственно, 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:

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

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 D89×3,5 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 обеспечить 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, определяемого по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами с учетом коэффициента одновременности их действия [1]:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m K_{sim} q_{nom} n_j, \quad (3)$$

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 теплотерях, 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

$$n = Q_d^h / (K_{пл} q_{пот.пл} + K_k q_{пот.к}), \quad (4)$$

где значение  $Q_d^h$  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 труб

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	–	–

### Выводы

1. 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 строительства закольцовок.

2. С учетом определенной объективной погрешности расчетов, связанных с некоторыми допущениями, на основании полученных данных предлагается нижнее пороговое число потребителей (для обоих типов давления в газораспределительной сети) 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

чрезвычай. 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 [и др.]; под ред. А. К. Дерцакяна. – Ленинград: Недра. Ленингр. Отд-ние, 1977. – 519 с.

УДК 620.92; 620.97

### **Оценка эффективности применения теплонасосных установок для утилизации тепловых потоков продуваемых непроходных каналов теплотрасс**

Бубырь Т. В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Исследована энергетическая эффективность утилизации теплоты, рассеиваемой трубопроводами сетевой воды и охлаждения грунта в непроходных каналах теплотрасс, путем интенсификации их вентиляции и применения теплонасосного оборудования. Выявлен потенциал энергосбережения для систем централизованного теплоснабжения с различными видами теплоисточников. Проведена технико-экономическая оценка и определены условия экономической целесообразности реализации предложенного технического решения.*

Регенерация потоков теплоты, рассеиваемой трубопроводами сетевой воды при транспорте тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения, утилизация теплоты охлаждения грунта и наружного воздуха являются объектом данного исследования. В качестве целевой функции принята зависимость для снижения потребления первичного энергоресурса, которым в большинстве теплогенерирующих источников является природный газ. Несмотря на то что с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС доля природного газа в приходной части энергобаланса энергосистемы должна уменьшиться с 97 до 59 %, задача по его снижению остается актуальной.

Экономия топлива в системах централизованного теплоснабжения возможно за счет регенерации потоков теплоты, рассеиваемой трубопроводами сетевой воды, утилизации теплоты охлаждения грунта и переохлаждения наружного воздуха в условиях применения теплотрасс с непроходными каналами путем размещения в концевых точках теплотрасс на тепловых пунктах (ТП) вытяжных вентиляторов и теплонасосных установок (ТНУ).