

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ»**

стандарт организации

**Проектирование, строительство и эксплуатация объектов
газораспределения и газопотребления**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПРИРОДНОГО ГАЗА
ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ**

СТО ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.27- 2024

Издание официальное

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2024

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАНЫ Акционерным обществом «Головной научно-исследовательский и проектный институт по распределению и использованию газа «Гипрониигаз» (АО «Гипрониигаз»)

2 ВНЕСЕНЫ Акционерным обществом «Газпром газораспределение» (АО «Газпром газораспределение»)

3 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Распоряжением ООО «Газпром межрегионгаз» от 27.03.2024 № 81-Р/15

4 ВЗАМЕН Р ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 2.21-2020 в части Приложения В

АО «Газпром газораспределение», 2024

Распространение настоящего стандарта осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленных АО «Газпром газораспределение»

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины, определения и сокращения	2
4	Общие положения	3
5	Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения и/или газопотребления.....	5
5.1	Составляющие аварийных выбросов.....	5
	Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного	
5.2	участка сети газораспределения до проведения работ по локализации.....	5
	Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного	
5.3	участка сети газораспределения после проведения работ по локализации.....	14
5.4	Расчет объема газа, затрачиваемого при продувке газом локализованного участка сети газораспределения после устранения аварии.....	15
5.5	Расчет объема газа, затрачиваемого на регулировку и настройку технологического оборудования пункта редуцирования газа.....	16
Приложение А	(рекомендуемое) Определение площади аварийного отверстия.....	19
Приложение Б	(рекомендуемое) Определение плотности газа в газопроводе в месте аварии.....	24
Приложение В	(рекомендуемое) Определение запаса газа.....	26
Библиография.....		28

СТАНДАРТ АО «ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ»

Проектирование, строительство и эксплуатация объектов газораспределения и газопотребления

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ

Дата введения: 2024 - 04 - 01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает методику определения объема природного газа при аварийных выбросах из наружных газопроводов сетей газораспределения и газопотребления и расположенных на них технических устройств.

1.2 Положения настоящего стандарта обязательны для применения структурными подразделениями ООО «Газпром межрегионгаз» – Управляющей организации АО «Газпром газораспределение» и организациями, входящими в группу лиц АО «Газпром газораспределение» (в том числе филиалы и дочерние зависимые общества) осуществляющими эксплуатацию сетей газораспределения и/или газопотребления на праве собственности или другом законном основании.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ГОСТ Р 53865 Системы газораспределительные. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие национального стандарта в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного

информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины в соответствии с ГОСТ Р 53865, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 аварийное отверстие: Отверстие в стенке или сварном соединении газопровода и/или технического устройства, образовавшееся в результате коррозионного или механического повреждения, через которое происходит истечение газа в окружающую среду.

Примечание – В случае полного раскрытия газопровода или разрушения технического устройства, в качестве аварийного отверстия выступает полость трубы газопровода или технического устройства.

3.1.2 аварийный выброс: Истечение газа из аварийного отверстия.

3.1.3 локализация участка сети газораспределения и/или газопотребления: Перекрытие потоков газа к месту аварии по всем газопроводам, входящим в поврежденный участок сети газораспределения, путем перевода запорной арматуры, секционирующей поврежденный участок, из положения «открыто» в положение «закрыто».

3.1.4 начальный момент аварии: Момент образования аварийного отверстия.

3.1.5 поврежденный участок сети газораспределения: Участок сети газораспределения, содержащий газопровод и/или техническое устройство с аварийным отверстием.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

- ГРО – газораспределительная организация;
ННРГ – нарушение нормального режима газоснабжения;
ПК – предохранительный клапан;
ПРГ – пункт редуцирования газа;
СНРГ – сохранение нормального режима газоснабжения;
ЭД – эксплуатационный документ.

4 Общие положения

4.1 Расчет объема аварийных выбросов из газопровода сети газораспределения и расположенных на нем технологических и технических устройств, проводят с учетом их фактического режима работы.

4.2 За время истечения аварийного объема газа до завершения работ по локализации принимают период от момента обнаружения аварии (поступления сообщения об аварии в аварийную диспетчерскую службу ГРО) до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения. Время перевода арматуры, секционирующей поврежденный участок сети газораспределения, из положения «открыто» в положение «закрыто» принимается мгновенным.

4.3 В случае если аварийные выбросы происходят в газопроводе и/или техническом устройстве, входящем в состав разветвленного участка сети газораспределения, и до момента локализации зафиксировано срабатывание отключающей арматуры на источнике газа, исключающее попадание газа в поврежденный участок, за момент локализации поврежденного участка принимают момент фиксации срабатывания отключающей арматуры на источнике газа.

4.4 В случае если аварийные выбросы происходят в газопроводе, технологическом и/или техническом устройстве, входящем в состав

закольцованного участка сети газораспределения и до момента локализации зафиксированы срабатывания защитных арматур на всех источниках газа, исключающие попадание газа в поврежденный участок, за момент локализации поврежденного участка принимают момент фиксации срабатывания отключающей арматуры на всех источниках газа, от которых газ поступает в поврежденный участок.

4.5 Для проведения расчетов моделей сетей газораспределения в соответствии с методикой рекомендуется использовать программно-вычислительные комплексы или результаты натурных измерений для определения фактических значений:

- давления газа у потребителей;
- количества газа, транспортируемого по газопроводам;
- количества газа, поступающего в сеть газораспределения от источников.

4.6 Размер и форму аварийного отверстия принимают постоянными за период времени от обнаружения утечки до завершения работ по локализации аварийного участка сети газораспределения и его последующей продувки.

4.7 Определение площади аварийного отверстия в газопроводе и/или техническом устройстве проводят в соответствии с Приложением А.

4.8 При определении объема аварийных выбросов:

- учитывают режим аварии (в соответствии с 5.2.6 и 5.2.7);
- применяют принцип невозможности перехода аварии из одного режима в другой (в соответствии с 5.2.6 и 5.2.7);
- температуру газа в газопроводе и/или техническом устройстве определяют на основании натурных измерений. При невозможности проведения натурных измерений, температуру газа принимают равной температуре окружающего воздуха.

5 Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения и/или газопотребления

5.1 Составляющие аварийных выбросов

5.1.1 Объем аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения V_a , м³, определяют по формуле

$$V_a = V_{дл} + V_{пл} + V_{пз} + V_{рег}, \quad (1)$$

где $V_{дл}$ – объем аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения до проведения работ по локализации, м³;

$V_{пл}$ – объем аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения после проведения работ по локализации, м³;

$V_{пз}$ – объем газа, затрачиваемый на продувку газом локализованного участка сети газораспределения, м³;

$V_{рег}$ – объем газа, затрачиваемый на регулировку и настройку рабочих параметров технических устройств ПРГ, м³.

5.2 Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения до проведения работ по локализации¹

5.2.1 Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения до проведения работ по локализации выполняют в соответствии с блок-схемой, приведенной на рисунке 1.

5.2.2 Для идентификации режима аварии последовательно проводят два гидравлических расчета сети газораспределения, включающей в себя поврежденный участок газопровода, в соответствии с пунктами 1 – 3 блок-схемы, которая представлена на рисунке 1. При этом истечение газа из аварийного отверстия рассматривают как дополнительного потребителя газа в сети газораспределения с расходом газа, равным расходу газа из аварийного

¹ Рекомендуется выполнять расчет на основе гидравлической модели, построенной с учетом фактических параметров режимов работы сетей газораспределения.

отверстия при аварийных выбросах до проведения работ по локализации поврежденного участка сети газораспределения.

5.2.3 При первом гидравлическом расчете (пункт 1 блок-схемы, см. рисунок 1) определяют давление P_a и плотность газа ρ_a в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии в начальный момент аварии. При этом расход газа из аварийного отверстия Q_a принимают равным 0.

5.2.4 По формулам (4) или (5) (пункт 2 блок-схемы, см. рисунок 1) определяют расход газа из аварийного отверстия Q_a при давлении P_a и плотности газа ρ_a , полученными в пункте 1 блок-схемы (см. рисунок 1).

5.2.5 При втором гидравлическом расчете (пункт 3 блок-схемы, см. рисунок 1) определяют давление P_a и плотность газа ρ_a в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии при расходе газа Q_a , полученном в пункте 2 блок-схемы (см. рисунок 1). В случае срабатывания отключающей арматуры на источниках газа в сети газораспределения до момента локализации поврежденного участка, данные источники исключают при проведении гидравлического расчета.

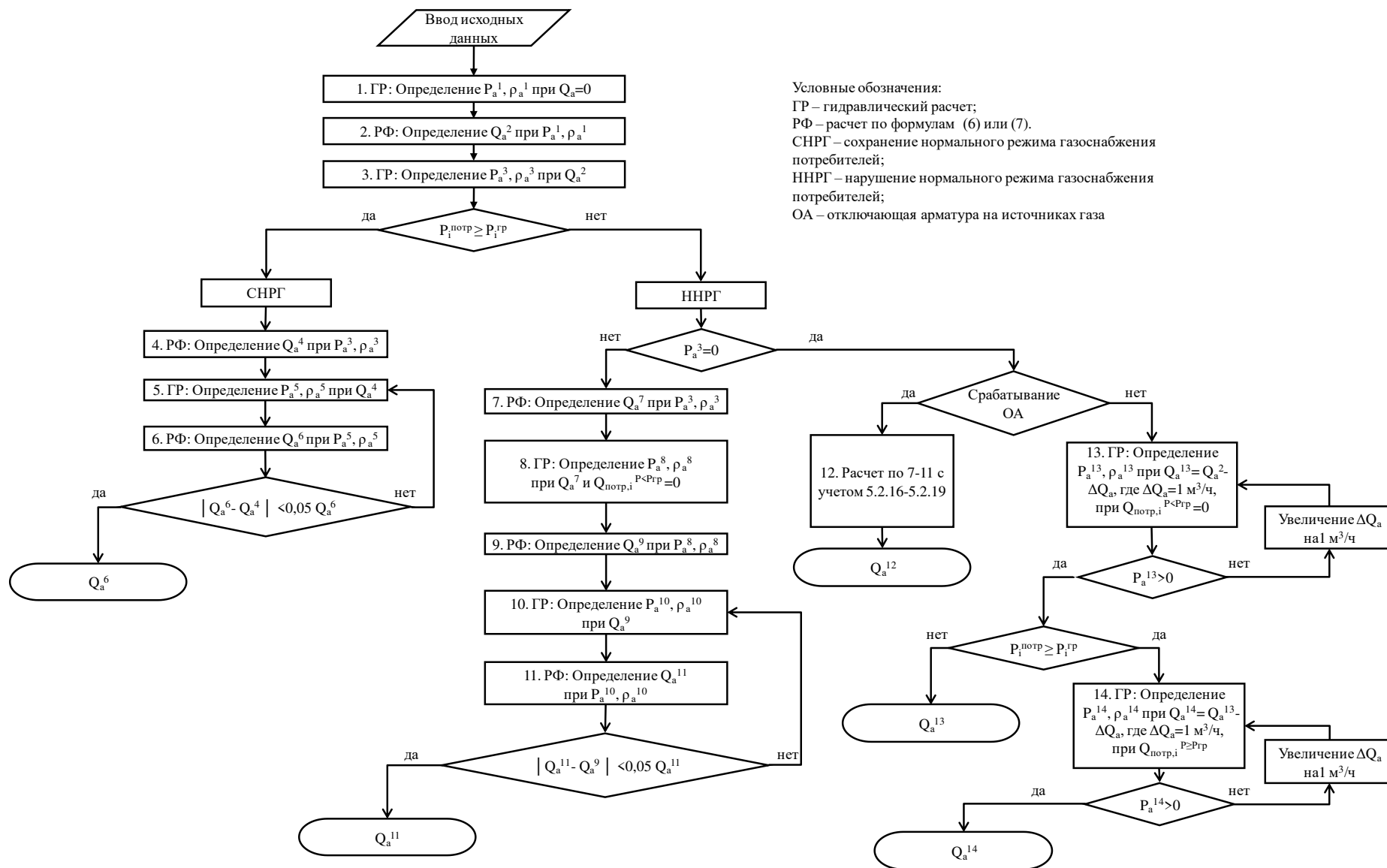


Рисунок 1 – Блок-схема расчета объема аварийных выбросов

5.2.6 Авария происходит при СНРГ в случаях, если:

- в период от начального момента аварии до начала проведения работ по локализации поврежденного участка сети газораспределения и в ГРО не поступали данные от потребителей о нарушении поставки газа;

- после проведения гидравлического расчета в соответствии с пунктом 3 блок-схемы (см. рисунок 1) для потребителя в сети газораспределения, содержащей поврежденный участок, выполняется неравенство

$$P_i^{\text{потр}} \geq P_i^{\text{гр}}, \quad (2)$$

где $P_i^{\text{потр}}$ – давление газа у i -ого потребителя, Па;

$P_i^{\text{гр}}$ – граничное давление газа у i -ого потребителя, Па.

Граничное давление газа $P_i^{\text{гр}}$ соответствует минимально необходимому давлению транспортируемого газа потребителю, равному нижней границе давления для категории давления газопровода, содержащего аварийное отверстие, или установленному индивидуально для конкретного потребителя.

5.2.7 Авария происходит при ННРГ в случаях, если хотя бы для одного потребителя:

- в период от начального момента аварии до начала проведения работ по локализации поврежденного участка сети газораспределения в ГРО поступали данные о нарушении поставки газа;

- после проведения гидравлического расчета в соответствии с пунктом 3 блок-схемы (см. рисунок 1) не выполняется неравенство (2).

5.2.8 В случае идентификации аварии при СНРГ расход газа из аварийного отверстия Q_a определяют по формулам (4) или (5) при давлении P_a и плотности газа ρ_a , полученным в пункте 3 блок-схемы (см. рисунок 1). Дальнейший расчет выполняют итерационно в соответствии с пунктами 4 – 6 блок-схемы (см. рисунок 1) до выполнения неравенства

$$\left| Q_a^{i-1} - Q_a^i \right| < 0,05 \cdot Q_a^{i-1}, \quad (3)$$

где Q_a^{i-1} – расход газа в месте аварии, полученный на основании гидравлического расчета на $i-1$ шаге итерационного процесса гидравлического расчета, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_a^i – расход газа в месте аварии, полученный на основании гидравлического расчета на i шаге итерационного процесса последнего гидравлического расчета, $\text{м}^3/\text{ч}$.

В случае выполнения неравенства (3), в качестве расхода газа из аварийного отверстия принимают расход газа, полученный в результате гидравлического расчета на i шаге итерационного процесса расчета.

5.2.9 В случае идентификации аварии при ННРГ, если по результатам гидравлического расчета, проведенного по пункту 3 блок-схемы (см. рисунок 1), давление:

а) $P_a > 0$, то дальнейший расчет осуществляют итерационно (методом последовательных приближений) в соответствии с пунктами 7 – 11 блок-схемы (см. рисунок 1) до выполнения неравенства 3 (аналогично 5.2.8), при этом для потребителей с ННРГ при проведении гидравлических расчетов расходы газа принимают равными 0;

б) $P_a = 0$, то дальнейший расчет осуществляют в соответствии с пунктами 12 – 14 блок-схемы (см. рисунок 1).

5.2.10 Если в случае, указанном в перечислении б) 5.2.9 зафиксировано срабатывание отключающей арматуры на источниках газа, определение объема аварийных выбросов осуществляют в соответствии с пунктами 7 – 11 блок-схемы (см. рисунок 1).

5.2.11 Если в случае, указанном в перечислении б) 5.2.9 не зафиксировано срабатывание отключающей арматуры на источниках газа, то дальнейший расчет объема аварийных выбросов осуществляют по пунктам 13 и 14 блок-схемы (см. рисунок 1).

При этом расход газа из аварийного отверстия определяют проведением серии гидравлических расчетов методом последовательных приближений до выполнения неравенства

$$P_a > 0, \quad (4)$$

где P_a – давление газа в газопроводе, техническом и/или технологическом устройстве в месте аварии, Па.

При каждом последующем гидравлическом расчете расход газа из аварийного отверстия Q_a^i , м³/ч, определяют по формуле

$$Q_a^i = Q_a^{i-1} - \Delta Q_a, \quad (5)$$

где Q_a^{i-1} – расход газа в месте аварии, полученный на основании гидравлического расчета на $i-1$ шаге итерационного процесса гидравлического расчета, м³/ч;

ΔQ_a – точность последовательных приближений, принимаемая равной 1 м³/ч.

Примечания

1 При выполнении первого гидравлического расчета по пункту 13 блок-схемы (см. рисунок 1) расхода газа Q_a^{i-1} принимают равным расходу газа, полученному в пункте 2 блок-схемы (см. рисунок 1).

2 При проведении серии расчетов по пунктам 13 и 14 блок-схемы (см. рисунок 1) для потребителей с ННРГ при проведении гидравлических расчетов расходы газа принимают равными нулю.

5.2.12 Расход газа при аварийных выбросах до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения Q_a , м³/ч, определяют при давлении газа в газопроводе, технологическом и/или техническом устройстве в месте аварии:

- до 90 кПа включительно по формуле

$$Q_a = \frac{3600 \cdot \mu \cdot S}{\rho_0} \sqrt{8,45 \cdot (P_a + P_{ат}) \cdot \rho_a \cdot \left[\left(\frac{P_{ат}}{P_a + P_{ат}} \right)^{1,53} - \left(\frac{P_{ат}}{P_a + P_{ат}} \right)^{1,76} \right]}; \quad (6)$$

- свыше 90 кПа по формуле

$$Q_a = \frac{3600 \cdot \mu \cdot S}{\rho_0} \sqrt{0,44 \cdot (P_a + P_{ат}) \cdot \rho_a}, \quad (7)$$

где 3600 – коэффициент перевода единиц измерения из [м³/с] в [м³/ч];

8,45 – коэффициент, равный $\frac{2 \cdot k}{k-1}$;

1,53 – степень, равная $\frac{2}{k}$;

1,76 – степень, равная $\frac{k+1}{k}$;

0,44 – коэффициент, равный $k \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}$;

k – показатель адиабаты природного газа, принятый равным 1,31;

μ – коэффициент расхода отверстия, определяемый по таблице 1;

S – площадь аварийного отверстия в трубе газопровода, технологическом и/или техническом устройстве, определяемая в соответствии с Приложением А, м²;

ρ_0 – плотность газа при стандартных условиях, кг/м³;

P_a – давление газа в газопроводе, технологическом и/или техническом устройстве в месте аварии, Па;

$P_{ат}$ – атмосферное давление, принимаемое равным 101325 Па;

ρ_a – плотность газа в газопроводе, технологическом и/или техническом устройстве в месте аварии, кг/м³.

Таблица 1 – Значения коэффициента расхода отверстия

$\frac{S}{S_{вн}}^*$	Менее 0,1	От 0,1 до 0,2	От 0,2 до 0,3	От 0,3 до 0,4	От 0,4 до 0,5	От 0,5 до 0,6	От 0,6 до 0,7	От 0,7 до 0,8	От 0,8 до 0,9	От 0,9
μ	0,611	0,614	0,622	0,634	0,65	0,678	0,724	0,787	0,888	1,09
* $S_{вн}$ – площадь внутреннего сечения газопровода и/или технического устройства, содержащего аварийное отверстие, определяемая в соответствии с 5.2.13, м ²										

5.2.13 Площадь внутреннего сечения газопровода и/или технического устройства круглой формы, содержащего аварийное отверстие $S_{вн}$, м², определяют по формуле

$$S_{\text{вн}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}, \quad (8)$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр газопровода и/или технического устройства, содержащего аварийное отверстие, м.

5.2.14 Плотность газа в газопроводе в месте аварии ρ_a , кг/м³, определяют в соответствии с Приложением Б.

5.2.15 Объем аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения до проведения работ по локализации $V_{\text{дл}}$, м³ определяют по формуле

$$V_{\text{дл}} = Q_a \cdot \tau^{\text{дл}}, \quad (9)$$

где Q_a – расход газа при аварийных выбросах до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения, м³/ч;

$\tau^{\text{дл}}$ – время истечения газа из аварийного отверстия до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения, ч.

5.2.16 В случае если аварийные выбросы происходят в газопроводе и/или техническом устройстве, входящем в состав разветвленного участка сети газораспределения, на котором было зафиксировано срабатывание отключающей арматуры на источнике, исключающее попадание газа в поврежденный участок, расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения до проведения работ по локализации V_a проводят в соответствии с пунктами 7 – 11 блок-схемы (см. рисунок 1), с учетом 5.2.16 – 5.2.19. При этом давление газа в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии P_a , Па, определяют по формуле

$$P_a = \frac{P_a^{\text{раб}} + P_a^{\text{отк.арм}}}{2}, \quad (10)$$

где $P_a^{\text{раб}}$ – давление в газопроводе в месте аварии, определяемое гидравлическим расчетом, при рабочем давлении на источнике газа, Па;

$P_a^{\text{откл.арм}}$ – давление в газопроводе в месте аварии, определяемое гидравлическим расчетом, при максимальном давлении на источнике газа, при котором происходит срабатывание отключающей арматуры, исключающее попадание газа в поврежденный участок сети газораспределения, Па.

5.2.17 Расчет плотности газа в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии ρ_a проводят на основании давления газа в газопроводе в месте аварии P_a , полученного в 5.2.16.

5.2.18 Время истечения газа из аварийного отверстия до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения $\tau^{\text{дл}}$ определяют временем срабатывания устройств, фиксирующих срабатывание отключающей арматуры на источнике и передающих соответствующий сигнал в ГРО. При отсутствии соответствующих устройств фиксации и передачи данных, время истечения газа из аварийного отверстия до момента локализации поврежденного участка $\tau^{\text{дл}}$, ч, определяют по формуле

$$\tau^{\text{дл}} = \frac{V_{\text{зап}}^{\text{р.д.}} - V_{\text{зап}}^{\text{д.с.о.а}}}{Q_a - \left(Q^{\text{ист}} - \sum_{i=1}^n Q_i^{\text{потр}} \right)}, \quad (11)$$

где $V_{\text{зап}}^{\text{р.д.}}$ – запас газа в поврежденном участке сети газораспределения при рабочем давлении на источнике газа, м³;

$V_{\text{зап}}^{\text{д.с.о.а}}$ – запас газа в поврежденном участке сети газораспределения при максимальном давлении на источнике газа, при котором происходит срабатывание отключающей арматуры, исключающее попадание газа в поврежденный участок сети газораспределения, м³;

Q_a – расход газа при аварийных выбросах до момента локализации поврежденного участка сети газораспределения, определяемый при рабочем давлении газа на источнике, м³/ч;

$Q^{\text{ист}}$ – расход газа от источника поврежденного участка сети

газораспределения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_i^{\text{потр}}$ – расход газа i -ым потребителем, которому осуществляется подача газа от поврежденного участка сети газораспределения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

i – порядковый номер потребителя газа на поврежденном участке сети газораспределения;

u – количество потребителей газа на поврежденном участке сети газораспределения, шт.

5.2.19 Запас газа в поврежденном участке сети газораспределения $V_{\text{зап}}$ определяют в соответствии с Приложением В.

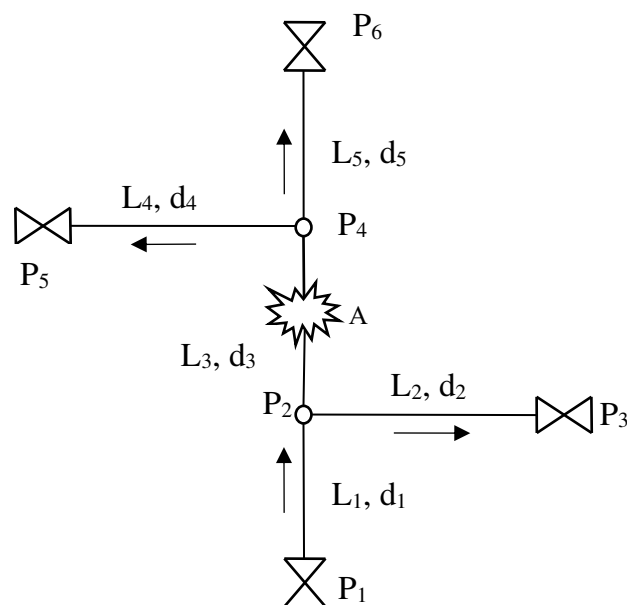
5.3 Расчет объема аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения после проведения работ по локализации

5.3.1 Объем аварийных выбросов из поврежденного участка сети газораспределения после проведения работ по локализации равен запасу газа в локализованном участке сети газораспределения $V_{\text{зап}}$, который определяют в соответствии с Приложением В.

5.3.2 Поврежденный участок сети газораспределения разбивают на элементарные участки между следующими узлами:

- место изменения диаметра газопровода;
- место разветвления газопровода;
- место расположения трубопроводной арматуры, секционирующей поврежденный участок сети газораспределения;
- начало тупикового участка газопровода;
- потребитель газа в сети газораспределения;
- источник газа в сети газораспределения.

Пример поврежденного участка сети газораспределения, разбитого на элементарные участки, приведен на рисунке 2.



A – место аварии; P₁-P₆ – давление газа в узлах газопровода; L₁-L₅ – длина элементарных участков газопроводов; d₁-d₅ – внутренний диаметр элементарных участков газопроводов

Рисунок 2 – Пример поврежденного участка сети газораспределения, разбитого на элементарные участки

5.4 Расчет объема газа, затрачиваемого при продувке газом локализованного участка сети газораспределения после устранения аварии

Объем газа, затрачиваемый при продувке газом локализованного участка сети газораспределения $V_{пз}$, м³, принимают равным расходу газа на продувку газом газопровода (в том числе газопроводов ПРГ) конкретного диаметра и давления после окончания работ по его ремонту, опрессовке $H_{пр}$, м³, определяемого по формуле

$$H_{пр} = \frac{0,0029 \cdot V_{г} \cdot K \cdot (P_{ат} + P_{н}^{пр})}{T_{г}}, \quad (12)$$

где 0,0029 – коэффициент, равный отношению $T_0/P_{ат}$, К/Па;

$V_{г}$ – геометрический объем продуваемого газом газопровода, определяемый по формуле (13), м³;

K – поправочный коэффициент, учитывающий объем газа, стравливаемого в атмосферу в составе газозвушной смеси до

окончания продувки газопровода газом, принимаемый равным 0,3;

$P_{ат}$ – атмосферное давление, принимаемое равным 101325 Па;

$P_{н}^{пр}$ – давление газа при продувке газопровода, Па;

$T_{г}$ – абсолютная температура газа, К.

Давление газа при продувке газопровода $P_{н}^{пр}$ принимают равным проектному давлению газа в газопроводе, но не выше 100000 Па.

При отсутствии сведений о проектном давлении газа в газопроводе давление газа при продувке газопровода $P_{н}^{пр}$ принимают равным для участков сетей газораспределения:

- низкого давления (до 0,005 МПа включительно) – 5000 Па,
- среднего давления, высокого давления 2, 1 и 1а категорий (свыше 0,005 МПа) – 100000 Па.

Геометрический объем газопровода $V_{г}$, м³, определяют по формуле

$$V_{г} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot L_{г}, \quad (13)$$

где $d_{вн}$ – внутренний диаметр газопровода, м;

$L_{г}$ – длина газопровода, м.

5.5 Расчет объема газа, затрачиваемого на регулировку и настройку технологического оборудования пункта редуцирования газа

Объем газа, затрачиваемый на регулировку и настройку газового оборудования ПРГ $V_{рег}$, м³, принимают равным расходу газа на выполнение технологической операции по настройке технических устройств ПРГ $\Pi_{нас,е}^{прг}$, м³, определяемый по формуле

$$\Pi_{нас,е}^{прг} = 0,1 \cdot \tau_p \sum_{i=1}^n \cdot G_{p,i} + \tau_{пк} \cdot \sum_{j=1}^m G_{пк,j}, \quad (14)$$

где $0,1$ – коэффициент, учитывающий создаваемый при настройке регуляторов давления газа расход газа после ПРГ, при котором обеспечивается заданная производителем регулятора давления газа точность регулирования и возможность его настройки;

τ_p – продолжительность выполнения работ по настройке регулятора давления газа, ч;

i – порядковый номер регулятора давления газа каждого типа по пропускной способности;

n – количество типов регуляторов давления газа по пропускной способности в ПРГ, шт.;

$G_{p,i}$ – пропускная способность регулятора давления газа i -ого типа, принимаемая в соответствии с ЭД на регулятор давления газа, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\tau_{пк}$ – продолжительность выполнения работ по проверке параметров срабатывания ПК, ч;

j – порядковый номер ПК для каждого типа по расходу газа через ПК;

m – количество ПК с одинаковым расходом газа через ПК в ПРГ, шт.;

$G_{пк,j}$ – расход газа через ПК ПРГ, принимаемый в соответствии с ЭД на ПК, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При отсутствии сведений о пропускной способности регулятора давления газа или ПК расход газа на выполнение технологической операции по настройке технических устройств ПРГ $\Pi_{\text{нас},e}^{\text{прг}}$, м^3 , определяют по формуле

$$\Pi_{\text{нас},e}^{\text{прг}} = \frac{9,24}{T_r} \cdot \sum_{k=1}^z \sqrt{\frac{P_{r,k}}{\rho_0}} \cdot d_{\text{вн},k}^2 \cdot (P_{\text{ат}} + P_{r,k}) \cdot \tau_k, \quad (15)$$

где $9,24$ – переводной коэффициент в соответствии с [1];

T_r – абсолютная температура газа, К;

- k – порядковый номер настраиваемого технического устройства (регулятора давления газа или ПК);
- z – количество настраиваемых технических устройств в ПРГ, шт.;
- $P_{г,k}$ – давление газа при настройке на выходе k -ого настраиваемого технического устройства, Па;
- ρ_0 – плотность газа при стандартных условиях, кг/м³;
- $d_{вн,k}$ – внутренний диаметр продувочной свечи, применяемой при настройке k -ого технического устройства ПРГ, м;
- τ_k – продолжительность технологической операции по настройке k -ого технического устройства ПРГ, ч.

Примечание – При отсутствии сведений о продолжительности выполнения технологических операций по настройке технических устройств ПРГ ее принимают равной:

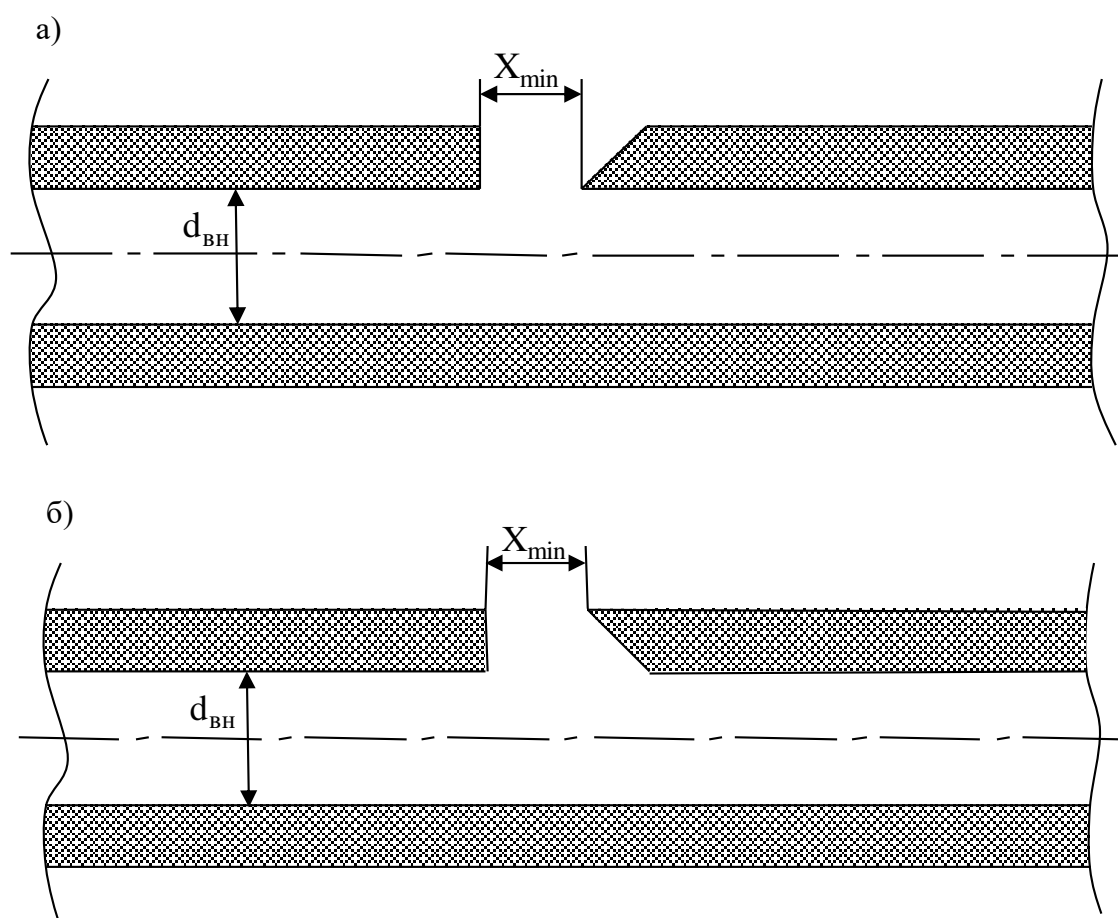
- 0,1 ч – для регулятора давления газа;
- 0,02 ч – для ПК.

Приложение А

(рекомендуемое)

Определение площади аварийного отверстия

А.1 В качестве площади аварийного отверстия S рекомендуется принимать площадь отверстия в стенке трубы газопровода и/или технического устройства, определенную на основании минимального геометрического размера $X_{\min}$ отверстия, из которого происходит истечение газа в окружающую среду, указанного на рисунке А.1.



$X_{\min}$ – минимальный геометрический размер отверстия, из которого происходит истечение газа в окружающую среду; $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр газопровода

Рисунок А.1 – Минимальный геометрический размер $X_{\min}$ отверстия, из которого происходит истечение газа в окружающую среду, лист 1

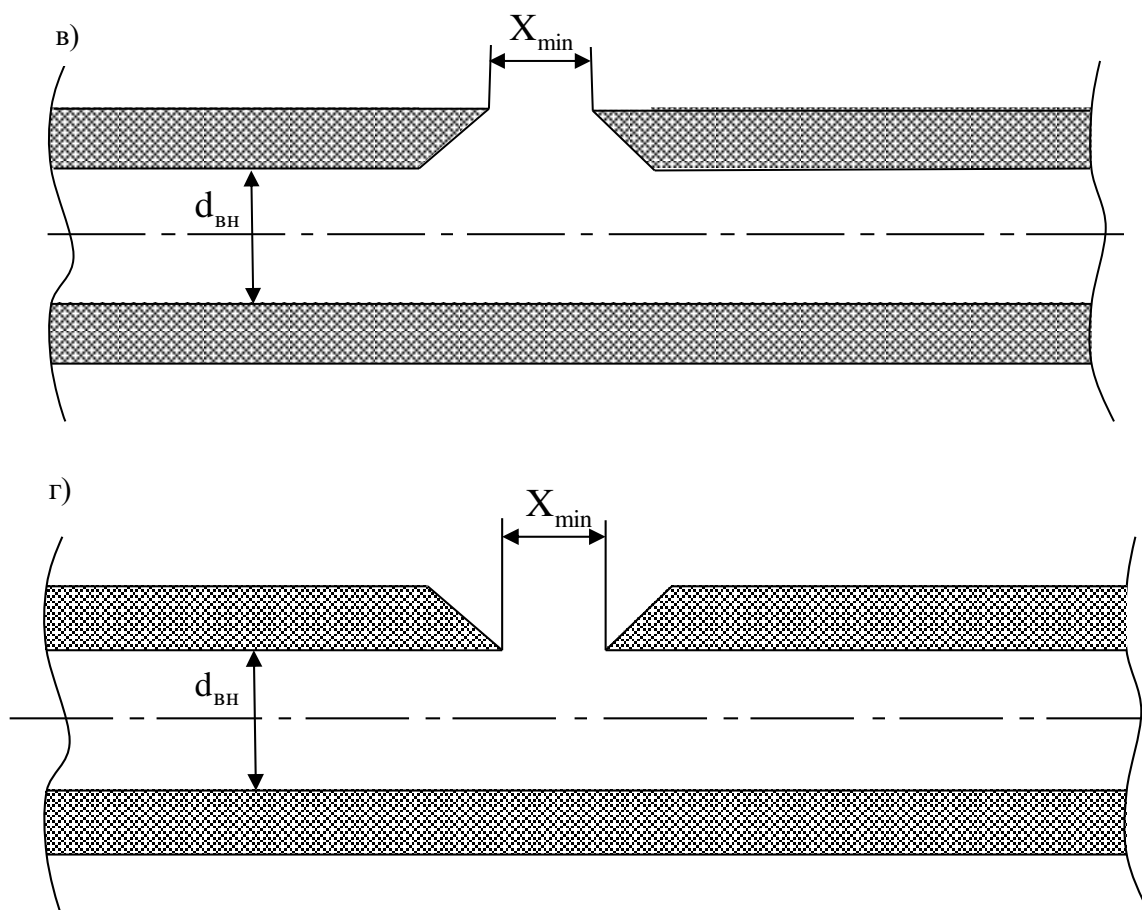


Рисунок А.1, лист 2

Площадь фигуры S , м^2 , разбитой на элементарные квадраты стороной, равной 1 мм, рассчитывают по формуле

$$S = (n_1 + 0,5 \cdot n_{0,5}) \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.1})$$

где n_1 — количество элементарных квадратов площадью $S_1=1 \text{ мм}^2$ (см. рисунок А.2);

$n_{0,5}$ — количество элементарных квадратов с площадью, условно принимаемой $S_{0,5}=0,5 \text{ мм}^2$ (см. рисунок А.2).



Рисунок А.2 – Пример разделения фигуры сложной формы на элементарные квадраты

А.2 В случае сквозных поперечных трещин в стенке трубы и разрыва сварного соединения газопровода площадь аварийного отверстия S , м^2 , может быть приближенно определена по формуле

$$S = 0,5 \cdot \delta \cdot h, \quad (\text{А.2})$$

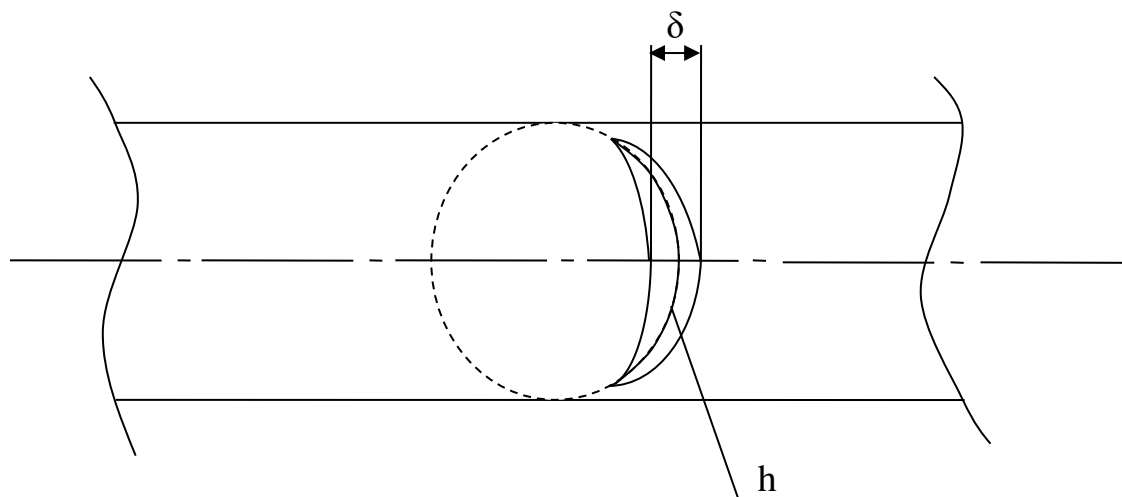
где δ – максимальная ширина щели, м;

h – длина линии разрыва наружной поверхности трубы газопровода, м

Пример сквозной поперечной трещины или разрыва сварного соединения газопровода приведен на рисунке А.3.

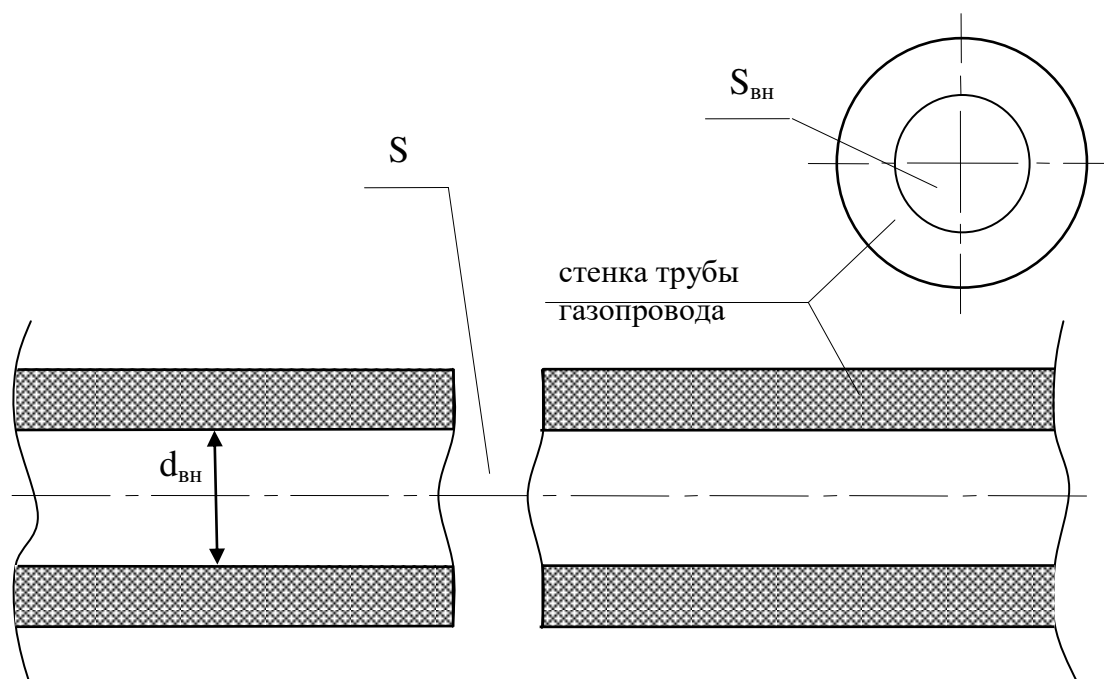
А.3 При определении площади аварийного отверстия выгнутости и вогнутости стенок трубы газопровода и/или технического устройства в поперечной плоскости газопровода не учитываются.

А.4 При разрушении газопровода и/или технического устройства или полном раскрытии газопровода площадь аварийного отверстия определяют в соответствии с рисунком А.4.



δ – ширина щели; h – линия разрыва наружной поверхности трубы газопровода

Рисунок А.3 – Пример определения площади аварийного отверстия при сквозной поперечной трещине или разрыве сварного соединения газопровода

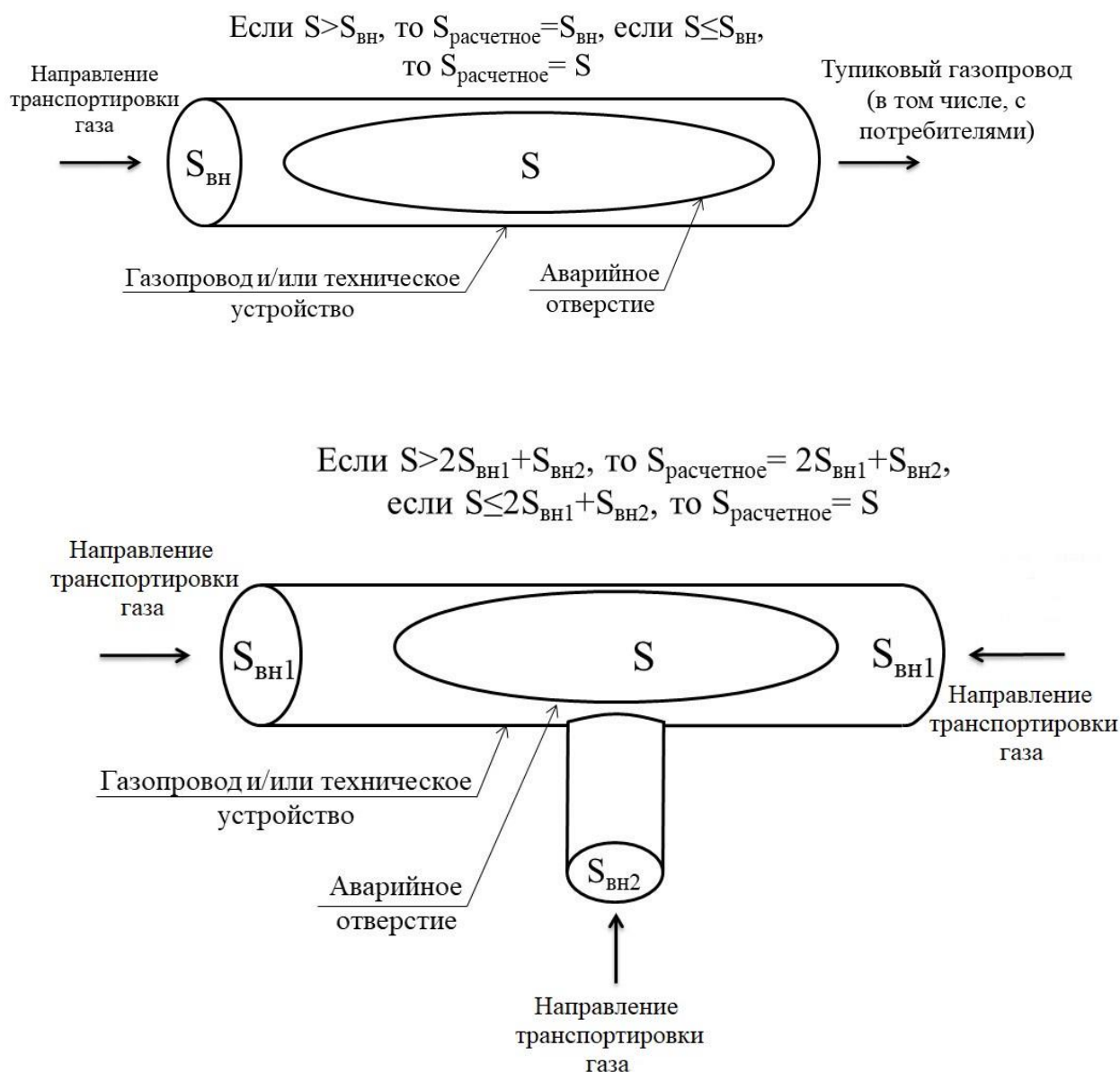


S – площадь аварийного отверстия; $S_{\text{вн}}$ – площадь внутреннего сечения газопровода;
 $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр газопровода

Рисунок А.4 – Пример определения площади аварийного отверстия при разрушении или полном раскрытии газопровода

А.5 Для случаев, при которых рассчитанное или измеренное значение площади аварийного отверстия S окажется больше фактического значения

суммы площадей внутреннего сечения газопроводов и/или технических устройств $S_{вн}$, через которые газ поступает к аварийному отверстию, определение площади аварийного отверстия выполняют в соответствии с примерами, приведенными на рисунке А.5.



S – площадь аварийного отверстия; $S_{вн}$, $S_{вн1}$, $S_{вн2}$ – площадь внутреннего сечения газопровода (технического устройства)

Рисунок А.5 – Примеры определения площади аварийного отверстия в зависимости от соотношения площади аварийного отверстия S и площади внутреннего сечения газопровода и/или технического устройства $S_{вн}$

Приложение Б

(рекомендуемое)

Определение плотности газа в газопроводе в месте аварии

Б.1 Плотность газа в газопроводе в месте аварии ρ_a , кг/м³, определяют по формуле

$$\rho_a = \frac{\rho_0 \cdot (P_a + P_{ат}) \cdot T_0}{P_{ат} \cdot T_a}, \quad (Б.1)$$

где ρ_0 – плотность газа при стандартных условиях, кг/м³;

P_a – давление газа в газопроводе в месте аварии, Па;

$P_{ат}$ – атмосферное давление, принимаемое равным 101325 Па;

T_0 – абсолютная температура газа при стандартных условиях, К;

T_a – абсолютная температура газа в газопроводе и/или техническом устройстве в месте аварии, К.

Абсолютную температуру газа в газопроводе в месте аварии во время проведения работ по локализации поврежденного участка сети газораспределения и его последующей продувки определяют в соответствии с 4.8 и принимают постоянной.

Б.2 Плотность газа при стандартных условиях ρ_0 , кг/м³, (при отсутствии данных) определяют по формуле

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \rho_i, \quad (Б.2)$$

где N_i – молярная концентрация i -ого компонента газовой смеси в долях единицы;

ρ_i – плотность i -ого компонента газовой смеси, определенная при температуре окружающей среды 20 °С, кг/м³.

Б.3 Молярную концентрацию компонентов газовой смеси N_i , в долях единицы определяют по формуле

$$N_i = \frac{m_i}{M}, \quad (Б.3)$$

где m_i – число молей i -ого компонента газовой смеси;

M – число молей газовой смеси.

Б.4 Число молей i -ого компонента газовой смеси m_i , определяют по формуле

$$m_i = \frac{y_i \cdot \rho_i}{M_i}, \quad (\text{Б.4})$$

где y_i – объемная доля i -ого компонента газовой смеси;

ρ_i – плотность i -ого компонента газовой смеси, определенная при температуре окружающей среды 20 °С, кг/м³;

M_i – молекулярный вес i -ого компонента газовой смеси.

Приложение В

(рекомендуемое)

Определение запаса газа

В.1 Запас газа в поврежденном участке сети газораспределения $V_{\text{зап}}$, м³, определяют по формуле

$$V_{\text{зап}} = \sum_{i=1}^m \frac{V_i \cdot P_i^{\text{ср}} \cdot T_0}{P_{\text{ат}} \cdot T_i^{\text{ср}}}, \quad (\text{В.1})$$

где i – порядковый номер элементарного участка газопровода;

m – количество элементарных участков газопровода, шт.;

V_i – геометрический внутренний объем i -ого элементарного участка газопровода, м³;

$P_i^{\text{ср}}$ – среднее абсолютное давление i -ого элементарного участка газопровода, Па;

T_0 – абсолютная температура газа при стандартных условиях, принимаемая равной 293,15 К;

$P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление, принимаемое равным 101325 Па;

$T_i^{\text{ср}}$ – средняя абсолютная температура газа i -ого элементарного участка газопровода, К.

В.2 Геометрический внутренний объем i -ого элементарного участка газопровода V_i , м³, определяют по формуле

$$V_i = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot L_i}{4}, \quad (\text{В.2})$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр i -ого элементарного участка газопровода, м;

L_i – длина i -ого элементарного участка газопровода, м.

В.3 Среднее абсолютное давление i -ого элементарного участка газопровода $P_i^{\text{ср}}$, Па, определяют по формуле

$$P_i^{cp} = \frac{2}{3} \cdot \left(P_{ин} + P_{ат} + \frac{(P_{ик} + P_{ат})^2}{2 \cdot P_{ат} + P_{ин} + P_{ик}} \right), \quad (B.3)$$

где $P_{ин}$ – избыточное давление газа в начале i -ого элементарного участка газопровода, Па;

$P_{ик}$ – давление газа в конце i -ого элементарного участка газопровода, Па.

В.4 Среднюю абсолютную температуру газа i -ого элементарного участка газопровода T_i^{cp} , К, определяют по формуле

$$T_i^{cp} = T_i^{oc} + \frac{T_{ин} - T_{ик}}{\ln \left(\frac{T_{ин} - T_i^{oc}}{T_{ик} - T_i^{oc}} \right)}, \quad (B.4)$$

где T_i^{oc} – абсолютная температура окружающей среды для i -ого элементарного участка газопровода, К;

$T_{ин}$ – абсолютная температура газа в начале i -ого элементарного участка газопровода, К;

$T_{ик}$ – абсолютная температура газа в конце i -ого элементарного участка газопровода, К.

Библиография

- [1] В.А. Багдасаров «Потери газа в городском газовом хозяйстве» / Л.: «Недра», 1972 – 155 с.

Ключевые слова: объем природного газа, аварийное отверстие, аварийный выброс
